

VŠB – Technická Univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a zařízení

Náhrada šroubů u vtahovacího přípravku

Replacement of the Screws of the Draw-in Device

Student:

Petr Fohler

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Fohler**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství
Specializace: 72 Technická diagnostika, opravy a udržování
Téma: **Náhrada šroubů u vtahovacího přípravku**
Replacement of the Screws of the Draw-in Device

Zásady pro vypracování:

Navrhněte konstrukční úpravu vtahovacího přípravku pro kompletaci statoru elektromotoru. Cílem konstrukčních úprav je náhrada šroubových spojení u vodících a nosných tyčí. Nové řešení by mělo zaručovat rychlejší a spolehlivou montáž.

Vypracujte:

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného vtahovacího přípravku se všemi nezbytnými výpočty.
2. Konstrukční návrh vtahovacího přípravku.
3. Pevnostní kontrolu důležitých uzlů.
4. Detailní výrobní výkres vybrané součásti.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910. *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
Leinveber, J., Řasa, J., Vávra, P. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999, 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
Firemní podklady.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 19.5.2013



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 19. 5. 2013



.....
podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Petr Fohler

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Halenkov 377, 75603, Halenkov

Poděkování

Kolektivu pracovníků odštěpného závodu Siemens Frenštát za perfektní přijetí a vedení během celého průběhu zpracovávání diplomové práce.

Rodině za podporu ve studiu.

Profesorům za cenné rady do profesního i osobního života.

A v neposlední řadě svému vedoucímu DP za trpělivost.

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Fohler P. *Náhrada šroubů u vtahovacího přípravku: diplomová práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a zařízení, 2013, 47 s, Vedoucí bakalářské práce: Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

Tato diplomová práce se zabývá konstrukčním návrhem náhrady šroubů u vtahovacího přípravku z důvodu zkrácení časů při výměně. Po rozboru a zhodnocení aktuální situace navrhuji možná řešení problému, jejich pozitiva a negativa při zavedení v praxi.

KLÍČOVÁ SLOVA

- elektromotory, vtahovací přípravky, náhrada šroubů

ANNOTATION OF MASTER THESIS

Fohler P. *Replacement of the Screws of the Draw-in Device: master thesis*. Ostrava: VSB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2013, 47 p. , Thesis Supervisor: doc. Ing. Oldřich Učeň, Ph.D.

This thesis deals with design proposal of replace of the screws at the draw-in machine due to shortening the time for replacement. After the analysis and evaluation of the current situation, I propose possible solutions of the problem, their pros and cons, when implemented in practice

KEY WORDS

- electric motors, Draw-in device, screw replacement

Obsah

1	Úvod.....	- 9 -
2	Popis stávající situace	- 10 -
2.1	Popis a historie závodu Elektromotory Frenštát	- 10 -
2.2	Metoda SMED	- 13 -
2.3	Asynchronní elektromotory	- 16 -
2.4	Kompletování statorového paketu a vinutí v Siemens Frenštát.....	- 21 -
2.5	Vtahovací přípravek.....	- 22 -
3	Návrh řešení	- 27 -
3.1	Požadavky společnosti Siemens	- 27 -
3.2	Změna materiálu závitů pomocí vložek.....	- 28 -
3.3	Konstrukční řešení	- 31 -
	Návrh č. 1	- 31 -
	Návrh č. 2.....	- 36 -
	Návrh č. 3.....	- 39 -
4.	Závěr	- 45 -
	Seznam použité literatury	- 46 -
	Seznam příloh	- 47 -

Seznam použitých zkratk

SMED	- Single Minute Exchange of Die (Minutová výměna přípravku)
OTED	- One Touch Exchange of Die (Výměna přípravku jedním dotykem)
MEZ	- Moravské elektrotechnické závody
TPS	- Toyota Production System (Výrobní systém ve společnosti Toyota)
kW	- kilowatt

1 Úvod

Tato diplomová práce je výsledkem spolupráce VŠB-TU Ostrava a společnosti Siemens.

Společnost Siemens AG je globální elektrotechnický koncern, jehož zakladatelem byl Ernst Werner von Siemens. Patří mezi největší poskytovatele technologií a výrobků šetrných k životnímu prostředí. Toto odvětví se podílí téměř třetinově na celém obratu společnosti. Siemens působí v oblastech Industry, Energy a Healthcare již přes 160 let. Je držitelem certifikátu ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.

Odštěpný závod Elektromotory Frenštát, se kterým spolupracuji, patří mezi přední světové dodavatele nízkonapěťových asynchronních elektromotorů. Vyrábí trojfázové nízkonapěťové asynchronní elektromotory o výkonech od 5 kW do 300 kW. Jejich hlavními zákazníky jsou výrobci čerpadel, kompresorů a klimatizačních zařízení.

Cílem této práce je konstrukční úprava přípravku pro vtahování drátů vinutí do statoru. Požadavek vznikl na základě procesu snižování času na seřízení výrobních strojů a linek. Vysoké nároky na vytížení strojů motivuje společnost k honbě za snižováním prostojů a nevýrobních časů. K jejich odstranění v našem případě můžeme přispět pomocí změny způsobu upínání vtahovacích tyčí do nosiče. Společnost požaduje jednoduché řešení, nenáročné na výrobu, nástroje a zaškolování personálu. Snahou je zjednodušit a zkvalitnit výrobu rozdílných sérií, u kterých je nevyhnutelná změna přípravků (např. počet vtahovacích tyčí, jejich rozmístění, atd).

2 Popis stávající situace

2.1 Popis a historie závodu Elektromotory Frenštát

Popis závodu:

Odštěpný závod Elektromotory Frenštát se zabývá kompletní výrobou, montáží a servisem elektromotorů a komponentů. Vyrábí v malých sériích, přesně přizpůsobených na jakékoliv přání zákazníka, pro tyto případy má i plně vybavenou divizi se speciálně zaškolenými pracovníky, kteří upraví parametry motoru dle přání.

Závod systematicky využívá provozních zkušeností zákazníků stejně jako pravidelných měření a analýz vlastní činnosti.

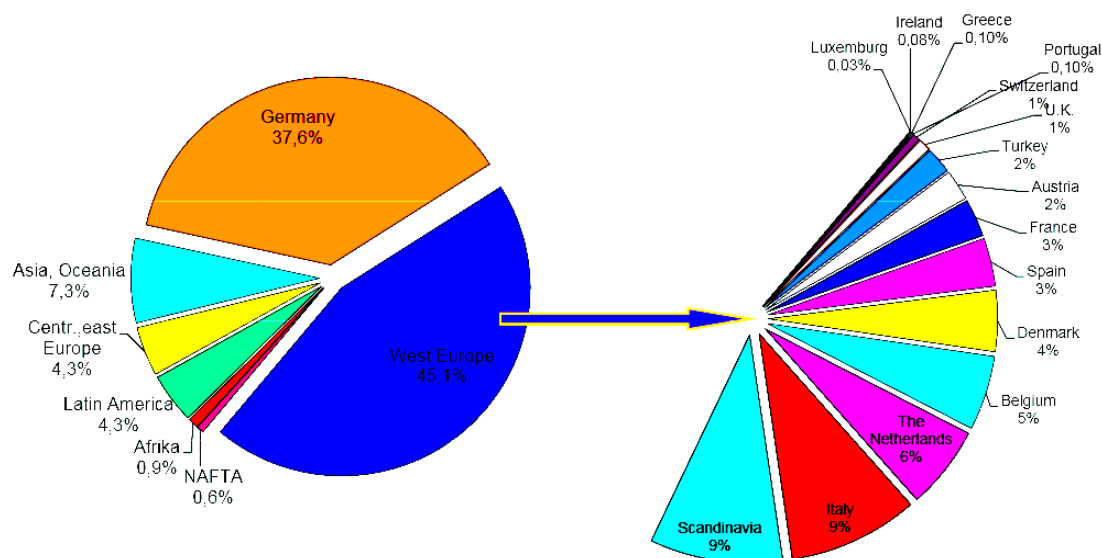
Mimo standartních motorů s litinovou kotrrou společnost vyrábí také speciální motory:

- Motory pro prostředí s nebezpečím výbuchu plynu nebo prachu
- Motory odolné proti ohni - tunely, metro, apod.
- Motory pro válcovací tratě
- Motory s brzdou, např. pro přístavní jeřáby
- Motory s přepínatelným počtem otáček
- Motory pro loď-jeřáby, kotvy, aj



Obr. 1 Elektromotory vyráběné spol. Siemens [1]

Odběratelé produktů závodu jsou z celého světa. V grafu je znázorněno rozložení zákazníků pro únor 2012



Obr. 2 Graf znázorňující rozložení zákazníků [1]

Společnost má také důležitou pozici na pracovním trhu, ve vsetínském okrese vytváří pracovní pozice pro 1141 lidí (k prosinci 2011)

SIEMENS

Obr. 3 Logo společnosti siemens [1]

Historie závodu:

Dne 15. 12. 1946 byl založen MEZ Frenštát jako Závod 05 národního podniku MEZ (Moravské elektrotechnické závody).

Mezi lety 1950-1954 vznikl samostatný podnik s označením MEZ Frenštát, národní podnik. Výrobní program byl rozšířen o generátory, jeřábové kroužkové motory, nevýbušné elektromotory a pračkové elektromotory.

V roce 1958 byl podnik začleněn do sdružení podniku ZSE (Závody silnoprůdové elektrotechniky) Praha.

1973-1979 - Zahájení výroby indukčních spojek, elektromechanických regulátorů pro generátory, speciálních elektromotorů a statických měničů kmitočtů.

V roce 1986 zahájili výrobu elektroniky pro automobily pro osobní vozidla Škoda a pro nákladní automobily TATRA.

Ke dni 1. 7. 1990 je datován vznik samostatného státního podniku MEZ Frenštát. V souvislosti s tímto byla ukončena výroba indukčních spojek.

Dne 1.6.1994 byla schválena vládou ČR privatizace motorářských aktivit s.p. MEZ Mohelnice a s.p. MEZ Frenštát, a to formou přímého prodeje majetku firmě Siemens.

Od 1.10.1994 se stal MEZ Frenštát součástí Siemens Elektromotory s.r.o. Praha a začlenění do obchodního pole ASI 1N (Nízkonapěťové motory).

Mezi lety 1998-2002 byl započat vývoj a zavedení nové řady motorů 1LG4/6.

Ke dni 13.8.2002 byl společnosti udělen certifikát systému managementu jakosti dle normy EN ISO 9001:2000 obchodní oblasti A&D SD (závodům Erlangen, Bad Neustadt, Mohelnice, Frenštát, Congleton) firmou DQS GmbH.

Roku 2004 byla zahájena realizace projektu Growth 2008 ke zdvojnásobení výrobních kapacit a ke zlepšení interních procesů.

Ke dni 11.8. 2006 byl udělen certifikát systému environmentálního managementu dle normy EN ISO 14001:2005 společnosti Siemens Elektromotory s.r.o. (závodům Frenštát a Mohelnice) firmou DQS GmbH.

V roce 2008 byla převedena výroba motorů osově výšky 180 do závodu Mohlenice

Ke dni 1.1. 2009 zanikla obchodní oblast I DT SD, závod Frenštát byl začleněn do obchodní oblasti I DT LD. Zároveň téhož roku byl spuštěn vývoj motorů nové řady 1LE1

Roku 2010 zanikla společnost Siemens Elektromotory s.r.o., a následně byl závod Frenštát začleněn jako odštěpný závod do společnosti Siemens, s.r.o.. [1]



Obr. 4 Hlavní budova závodu Siemens Frenštát [1]

2.2 Metoda SMED

Společnost Siemens Frenštát se snaží maximálně zefektivnit výrobu a postupem času přejít na tzv. štíhlou výrobu. Ta klade důraz především na plynulou výrobu podle přání zákazníka, preventivní údržbu a krátké seřizovací časy.

Metoda SMED (*Single-Minute Exchange of Dies*) je systém pro dramatickou redukci času potřebného pro seřízení stroje při změně výrobní série. Tento rychlý přechod je klíčem ke snížení velikosti výrobní šarže, a tím zlepšuje proud produkce. Myšlenkou SMED systému je přeměna maximálního počtu interních činností na externí (za chodu stroje) a zjednodušit a zefektivnit zbývající kroky. 1.1 [2]

Úspěšná aplikace SMED má tyto výhody:

- Snížení výrobních nákladů (rychlejší výměna znamená méně odstávek zařízení)
- Umožnění výroby v malých dávkách (zvyší flexibilitu produkce)
- Nižší stav zásob (odpadnou náklady na skladování)
- Plynulejší rozběhy (standardizované procesy přechodu zlepši provázanost a kvalitu)

Historie

Metodu SMED poprvé světu představil japonský inženýr, jeden z předních odborníků na postupy výroby a TPS, Shigeo Shingo (1909-1990). Vyvinul ji spolu s odborníky předních japonských společností, včetně Toyota. [3]

Shingo úspěšně aplikoval metodu na proces lisování karoserie automobilů. Lisovací matrice vážila několik tun a bylo nutné ji upevnit s přesností na milimetry, k čemuž je zapotřebí dalších složitých přístrojů. Konstrukční úpravou matrice se dosáhlo jednoduché montáže bez nutnosti použití přesného ustavování. Před použitím SMED bylo třeba k výměně matrice 12-48 h. Po zavedení se čas snížil na pouhou hodinu a půl. Pokroku dosáhl přípravou veškerých potřebných úkonů k výměně ještě za běhu stroje (převod interních činností na externí).

Implementace SMED

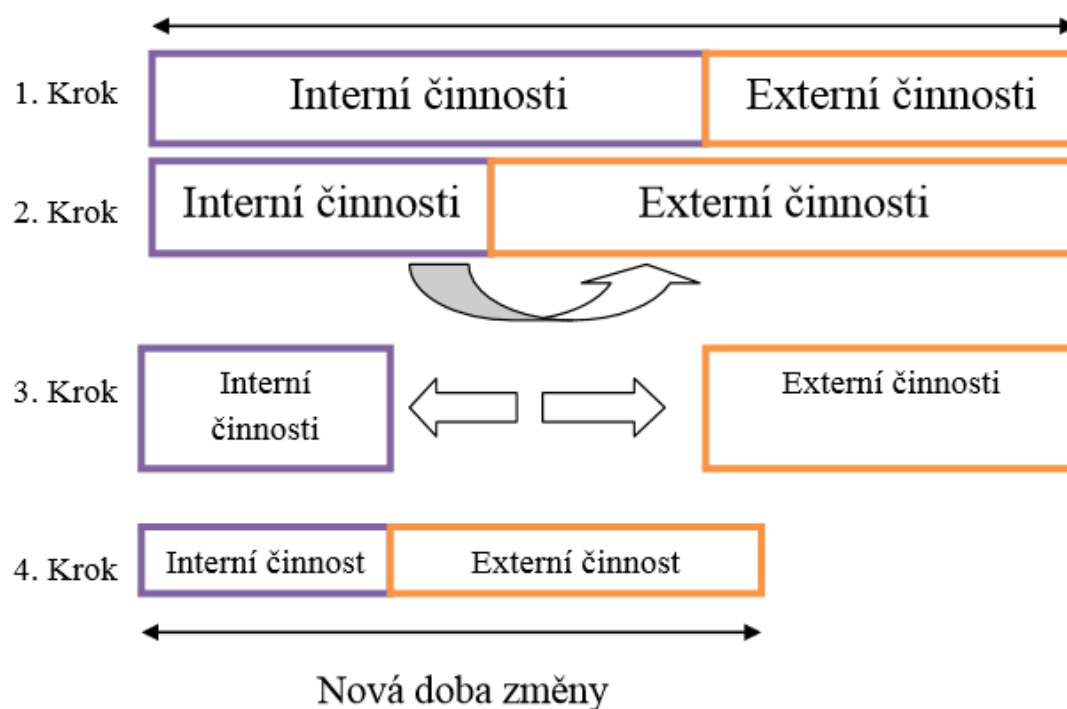
Postup je třeba vytvářet na každém pracovišti zvlášť. Vychází z důkladné analýzy, provedené klasickými přístupy průmyslového inženýrství (studium metod, pohovor s obsluhou zařízení, pořízení videozáznamu a jeho následný rozbor). Při zavádění systému rychlých změn je třeba se držet několika zásadami. Stroje a externí seřizování je třeba standardizovat. Při přestavbě využívat rychlých upínačů a doplňkových nástrojů. Zapojit tým, který je složený z různých profesních zaměření a celý proces seřizování se snažit automatizovat. [1]

Shigeo Shingo uznával osm technik, které by měly být brány v úvahu při implementaci SMED:

- Oddělení interních operací od externích.
- Převod interních operací na externí.
- Standardizace procesu, ne tvaru součástí.
- Použití funkčních svorek, nebo úplná eliminace spojů.
- Použití průběžných přípravků.
- Přijetí paralelních operací.
- Odstranění úprav.
- Mechanizace.

Shingo také navrhoval, že zavedení SMED by mělo procházet čtyřmi koncepčními fázemi:

1. Důkladná analýza spojená s měřením a zaznamenáním činností. Důležité je zajistit, aby byly externí operace prováděny za chodu stroje.
2. Oddělení interních činností od externích. Zajištění funkčnosti všech částí a zavedení účinného způsobu přepravy přípravků
3. Převezení maximálního množství interních činností na externí.
4. Zkrácení času interních operací



Obr. 5 Kroky aplikace SMED do podniku [autor]

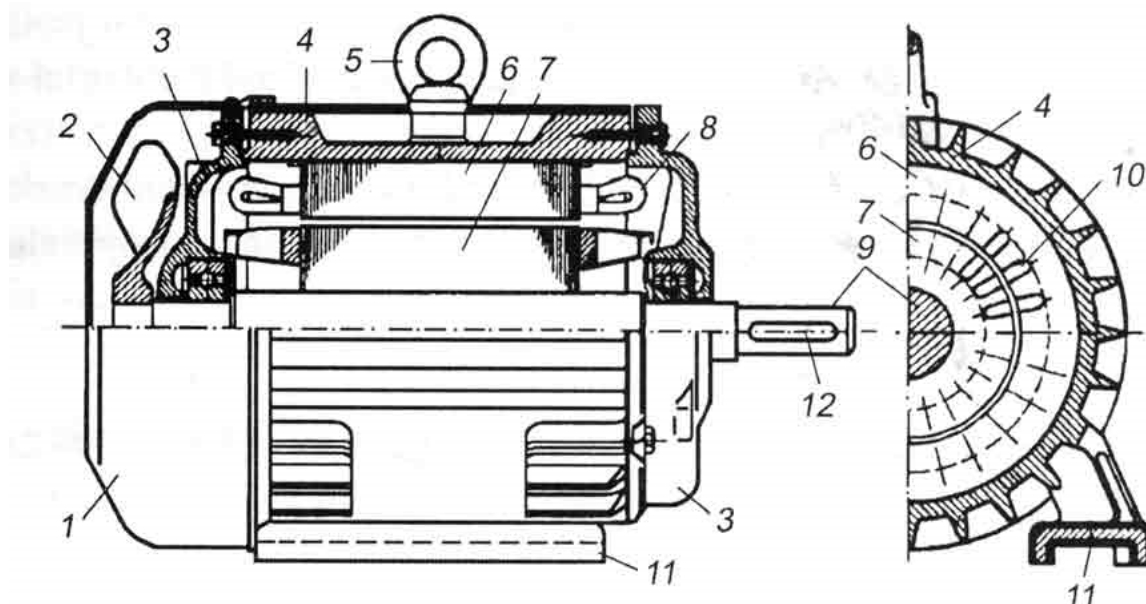
2.3 Asynchronní elektromotory

Vzhledem k faktu, že závod se zabývá primárně výrobou asynchronních elektromotorů, budeme se zabývat pouze jejich teorií.

Asynchronní (indukční) elektromotor je točivý elektrický stroj, jehož magnetický obvod je malou mezerou rozdělen na dvě hlavní části: *rotor* a *stator*. Obě části jsou opatřeny vinutím. První vinutí (statorové) je připojeno na zdroj střídavého proudu a druhé (rotorové) je spojeno nakrátko a proud v něm vzniká elektromagnetickou indukcí. Odtud název indukční stroj.

Nejčastějším druhem indukčního stroje je třífázový indukční motor, který využívá silového působení statorového proudu (ze sítě) a rotorového proudu (indukovaného ve vinutí spojeném nakrátko). Trojfázový indukční motor je jednoduchý, v provozu spolehlivý a nevyžaduje žádnou zvláštní obsluhu a údržbu. Asynchronní motor nakrátko vyniká a díky své konstrukční jednoduchosti je nejužívanějším motorem. V porovnání se stejnosměrnými stroji vyniká jednoduchá konstrukce a prakticky bezúdržbový provoz asynchronních strojů. [4]

Řez asynchronním třífázovým elektromotorem:



Obr. 6 Řez indukčním trojfázovým motorem: 1 - kryt ventilátoru, 2 - ventilátor, 3 - ložiskový štít, 4 - kostra statoru, 5 - závěsné oko, 6 - plechy statoru, 7 - plechy rotoru, 8 - vinutí statoru, 9 - hřídel, 10 - drážky pro vinutí, 11 - patka pro upevnění, 12 - drážka pro klín [4]

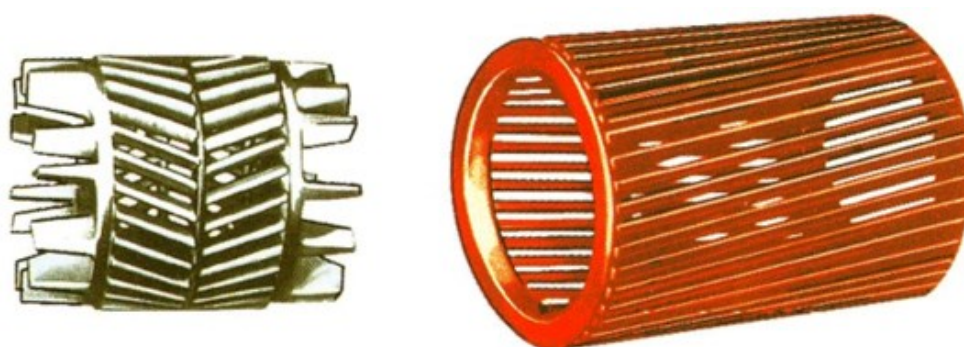
Mezi hlavní části indukčního motoru patří:

Rotor – točivá část elektromotoru, tvoří jej hřídel a vinutí. Vinutí se vyrábí z rotorových plechů, do kterých je vsazena rotorová klec. Dále rozdělujeme rotory podle druhu zapojení:

- a) nakrátko
- b) kroužkový.

a) Zapojení nakrátko

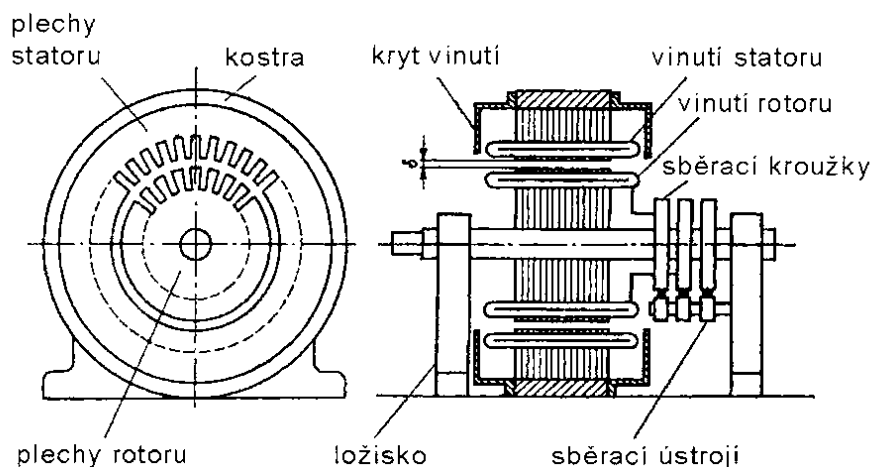
Motor nakrátko má rotorové vinutí spojeno trvale nakrátko. Vinutí je zhotoveno z masivních tyčí, spojených po obou stranách vodivými kruhy. Dnes se používají lité hliníkové klece. Tyče, kruhy i větrací lopatky na kruzích se odlévají současně.



Obr. 7 Rotorová klec: vlevo – litá hliníková, vpravo - tyčová [5]

b) Zapojení pomocí kroužků

Kroužkový motor má na rotoru trojfázové vinutí. Začátky vinutí jsou vyvedeny na tři kroužky umístěné na hřídeli. Na kroužky dosedají uhlíkové sběrací kartáče, s jejichž pomocí můžeme do rotorového vinutí zařadit vhodný odpor a tím zmenšit záběrný proud motoru nebo jeho otáčky a tím zvětšit záběrný moment.



Obr. 8 Elektromotor s kroužkovým rotorem [4]

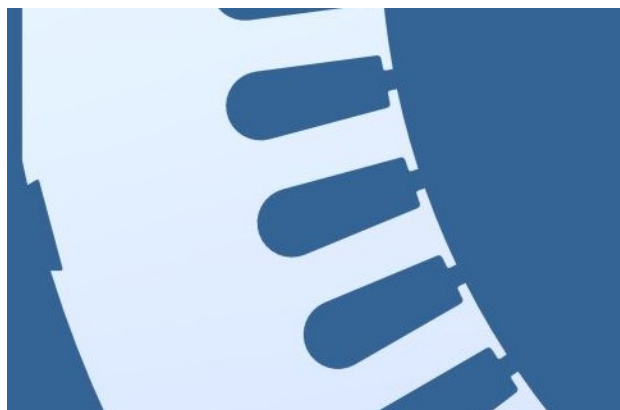
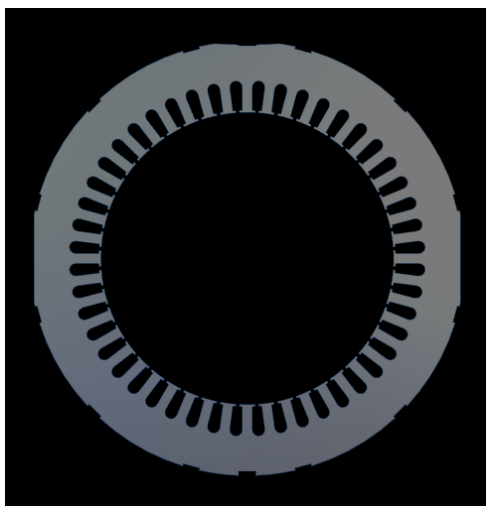
Stator – pevná část motoru, je pevně spojena s kostrou, podle statorového vinutí rozdělujeme motor na:

- a) trojfázový,
- b) jednofázový (pro malé výkony),

Stator se skládá ze *statorových plechů* a *statorového vinutí*.

Statorové plechy – vyrábí se z elektrotechnicky izolovaných plechů o tloušťkách 0,3 – 0,5 mm, nejčastěji se používají izotropní plechy s přísadou křemíku. Na svém vnitřním průměru mají drážkování, ve kterém je izolovaně uloženo statorové vinutí. Tvar a hloubka drážky závisí na požadovaných vlastnostech elektromotoru.

Statorové plechy se dále spojují do tzv. *statorových svazků* – *paketů*. Ty jsou vodiči magnetického toku a zároveň mechanickými nosiči vinutí statoru. Pro spojování – *paketování*, se používá několik postupů, v závislosti na velikosti výrobní série, dostupné technologie výrobce či technologických vlastnostech paketu.

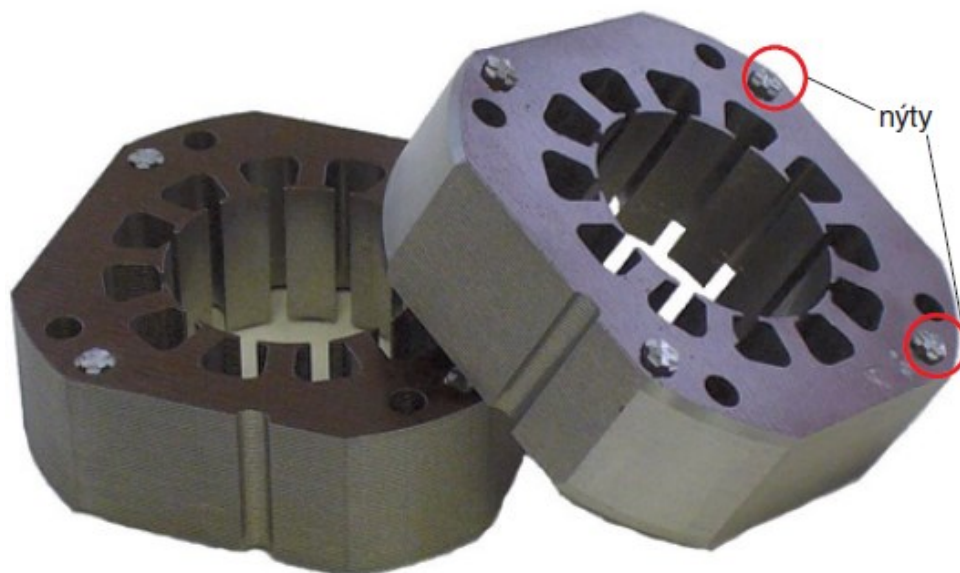


Obr. 9 Statorový plech a detail statorových drážek [autor]



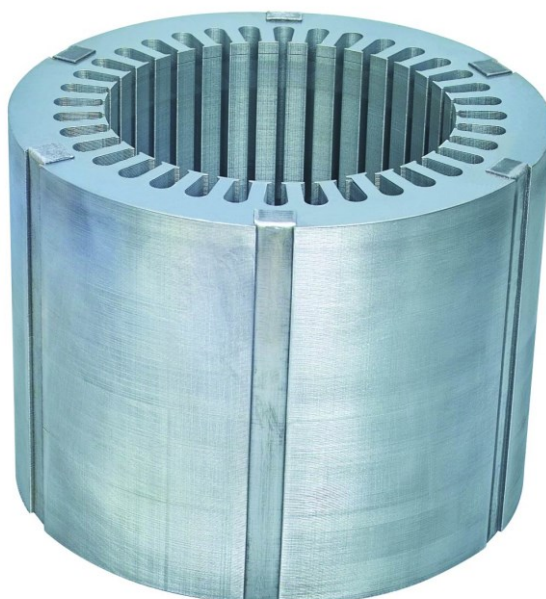
Obr. 10 Statorový svazek - paket [autor]

Mezi nejrozšířenější techniky patří *nýtování*, z vylisovaných plechů se pomocí nýtů vytvoří kompaktní svazek. Je třeba dbát na správném typu a velikosti nýtů, vzhledem k minimalizaci přerušení cesty magnetického toku.



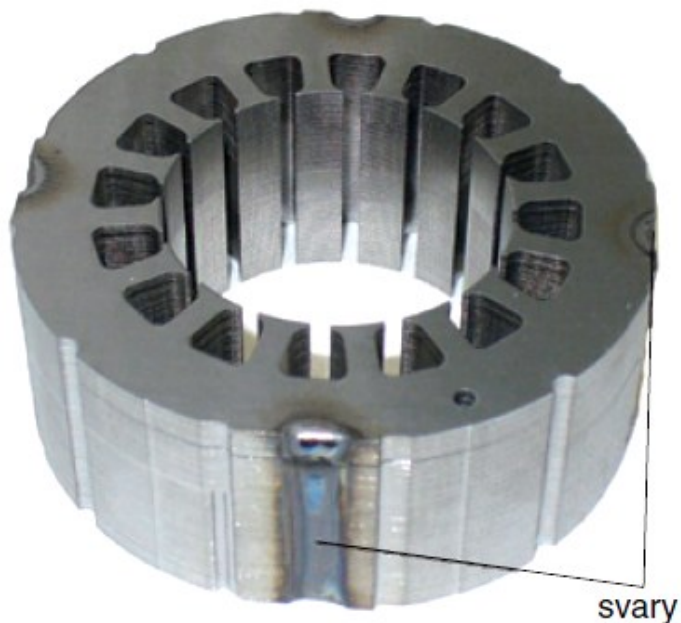
Obr. 11 Nýtované pakety [6]

Další možností je spojování plechů pomocí sponkování, při této metodě se používá plochá plechová spona. Ta je zpravidla umístěna z vnější strany paketu aby nenarušovala magnetické vlastnosti stroje.



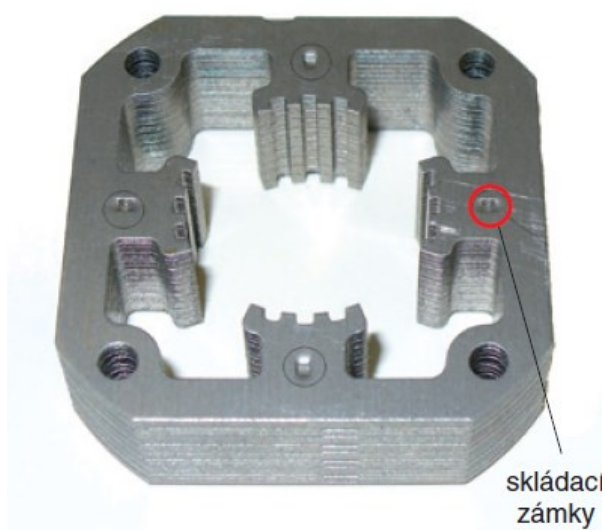
Obr. 12 Sponkovaný paket [6]

Mezi pokročilejší metody se řadí také svařování plechů. Obvykle se používá svařování v ochranné atmosféře. Tato metoda je však závislá na způsobu izolace a druhu plechů. Ne každá kombinace materiálů je vhodná. Plechy jsou svařeny v místě předem vystřižené drážky.



Obr. 13 Svařovaný paket [6]

Moderní a progresivní metodou je tzv. paketování v nástroji, jedná se o metodu, kdy jeden stroj vystřihne plech a v závěru zdvihu jej spojí s předešlými pomocí speciálního zámku. Po vystřižení a nalisování potřebného počtu plechů celý paket opouští stroj, který následně přechází na výrobu dalšího paketu. Tento postup je vhodný především pro velkosériovou výrobu.



Obr. 14 Paket spojený pomocí zámků [6]

2.4 Kompletování statorového paketu a vinutí v Siemens Frenštát

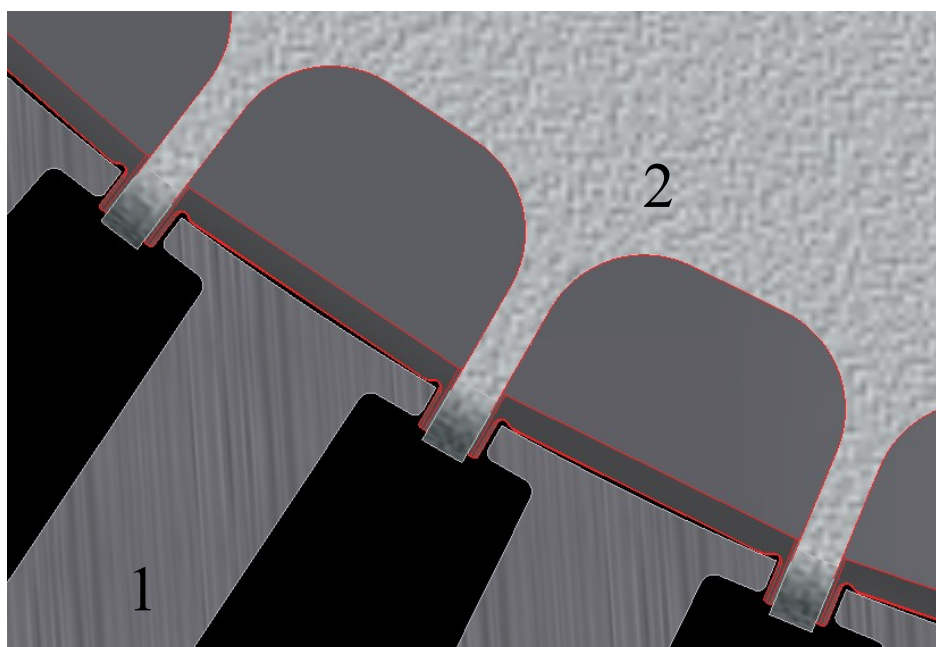
V současné době se v podniku používají dva způsoby, v závislosti na složitosti, počtu kusů a složitosti statoru.

Ruční vkládání vinutí

Nejjednodušší způsob vkládání, vinutí se vkládá ručně do izolovaných drážek statoru, nebo se protahuje. Používá se většinou jen pro experimentální a speciální postupy, kdy není možné, nebo nevhodné proces mechanizovat.

Metoda vtahování vinutí

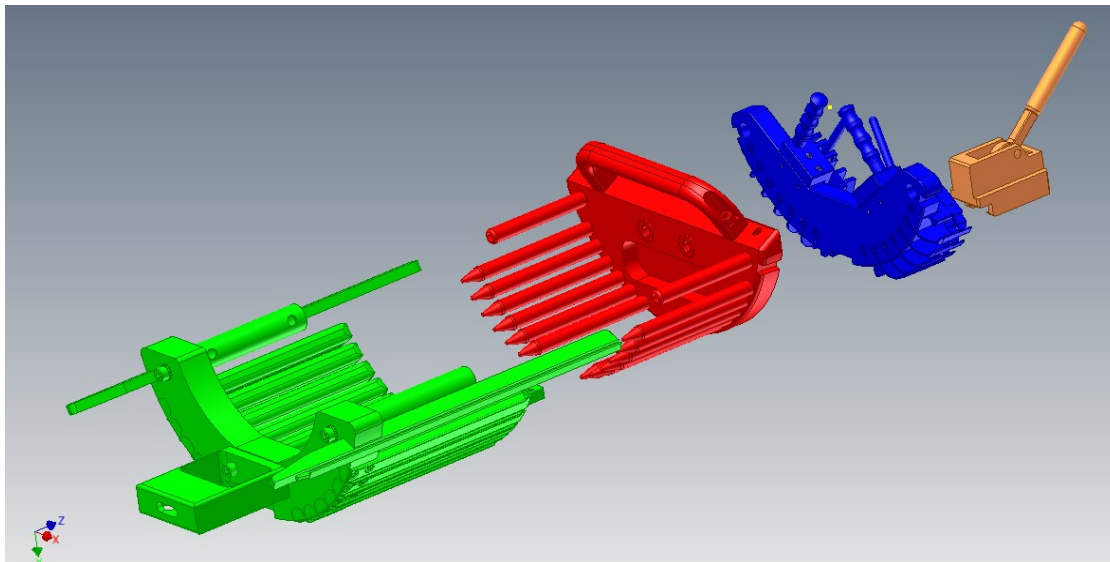
V případě velkých sérií se vyplatí použít rychlejší metodu vtahování, přestože vyžaduje velké náklady na strojní zařízení. Důležité je správné ustavení paketu ve vtahovacím stroji. Teprve poté co je paket správně ustaven může přijít na řadu samotné vtahování. Drážky statoru je třeba před samotným vtahováním opatřit drážkovou izolací, která zabraňuje styku drátu vinutí se statorem. Vinutí je třeba nejprve vytvořit na navíjecím stroji a poté se založí do vtahovacího přípravku, který jej protáhne drážkami ve statoru. Celý proces musí být nesmírně přesný, aby nedocházelo k odírání boků drážek statoru



Obr. 15 Detail drážky statoru při vtahování 1 – svazek plechů (paket), 2 - vtahovací přípravek [autor]

2.5 Vtahovací přípravek

Vtahovací přípravek používaný v podniku je vlastní konstrukce. Skládá se z dílčích částí, které do sebe musí zapadat s vysokou přesností, toho je dosaženo pomocí vedení a čepů.



Obr. 16 Vtahovací přípravek, zelená – Hlavní držák s vtahovacími tyčemi, červená – nosný hřeben s tyčemi, modrá – držák drážkové izolace, oranžová - zajištění [autor]

Přípravek se skládá z dílů:

Hlavní držák s vtahovacími tyčemi,

Držák je připevněn na hydraulický píst. Ve snaze minimalizovat hmotnost přípravku je hlavní držák vyroben z materiálu CERTAL. Jedná se o slitinu hliníku, která vyniká svou vysokou pevností a nízkou hmotností. [7]

Znaky slitiny		
Slitina	EN AW 7022 [AlZn5Mg3Cu], speciální typ	
Typ slitiny	vytvrditelná	
Povrch	T651, uvolněný	
Stav materiálu	válcovaný povrh	

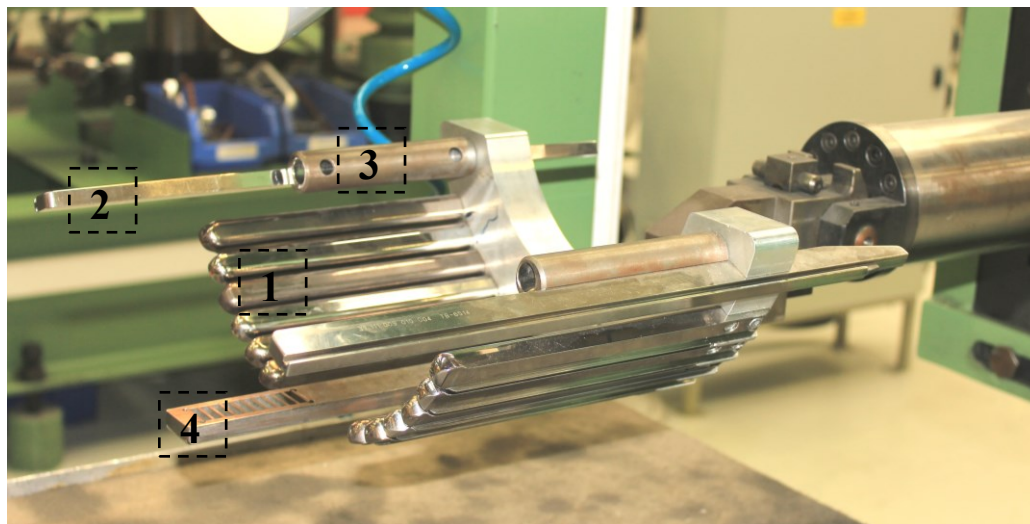
Mechanické vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Mez kluzu $R_{p0,2}$	[MPa]	400 – 495
Pevnost v tahu R_m	[MPa]	490 – 555
Tažnost A_{50}	[%]	6 – 9
Tvrdost HBW	[2,5/62,5]	165 – 170

Fyzikální vlastnosti ¹⁾		typické hodnoty
Objemová hmotnost	[g/cm ³]	2,76
Modul pružnosti	[GPa]	72
Elektrická vodivost	[m/Ω · mm ²]	18 – 22
Koeficient tepelné roztažnosti	[K ⁻¹ · 10 ⁻⁶]	23,6
Tepelná vodivost	[W/m · K]	120 – 150
Specifická tepelná kapacita	[J/kg · K]	862

Obr. 17 Technický datový list materiálu CERTAL [7]

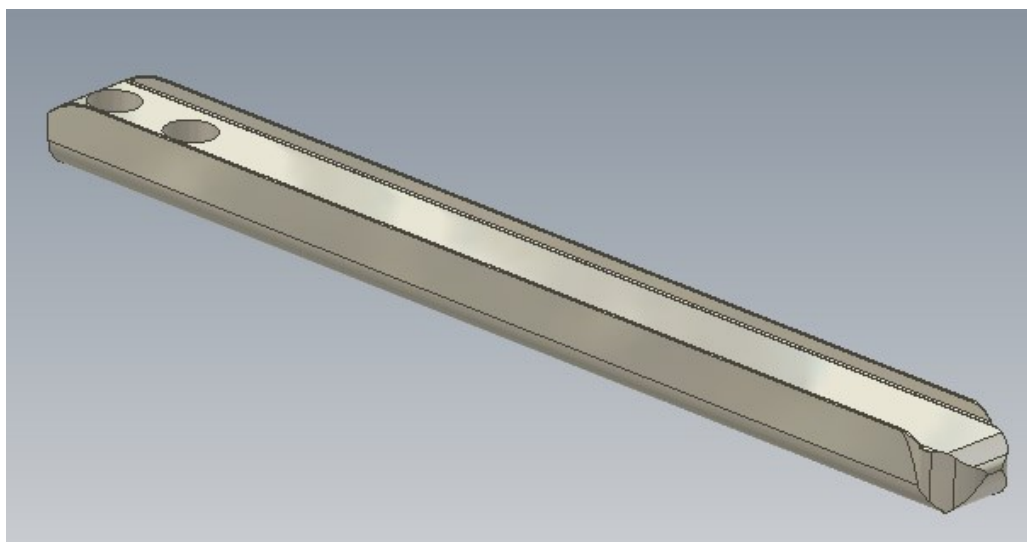
V drážkách po obvodu jsou upevněny další nosné části viz. obr :

- *Vtahovací tyče*
- *Vodící tyče*
- *Pouzdra*
- *Tyč pro zajištění*



Obr. 18 Hlavní držák s vtahovacími tyčemi (1 – vtahovací tyče, 2 – vodící tyče, 3 – pouzdra, 4 – tyč pro zajištění). [autor]

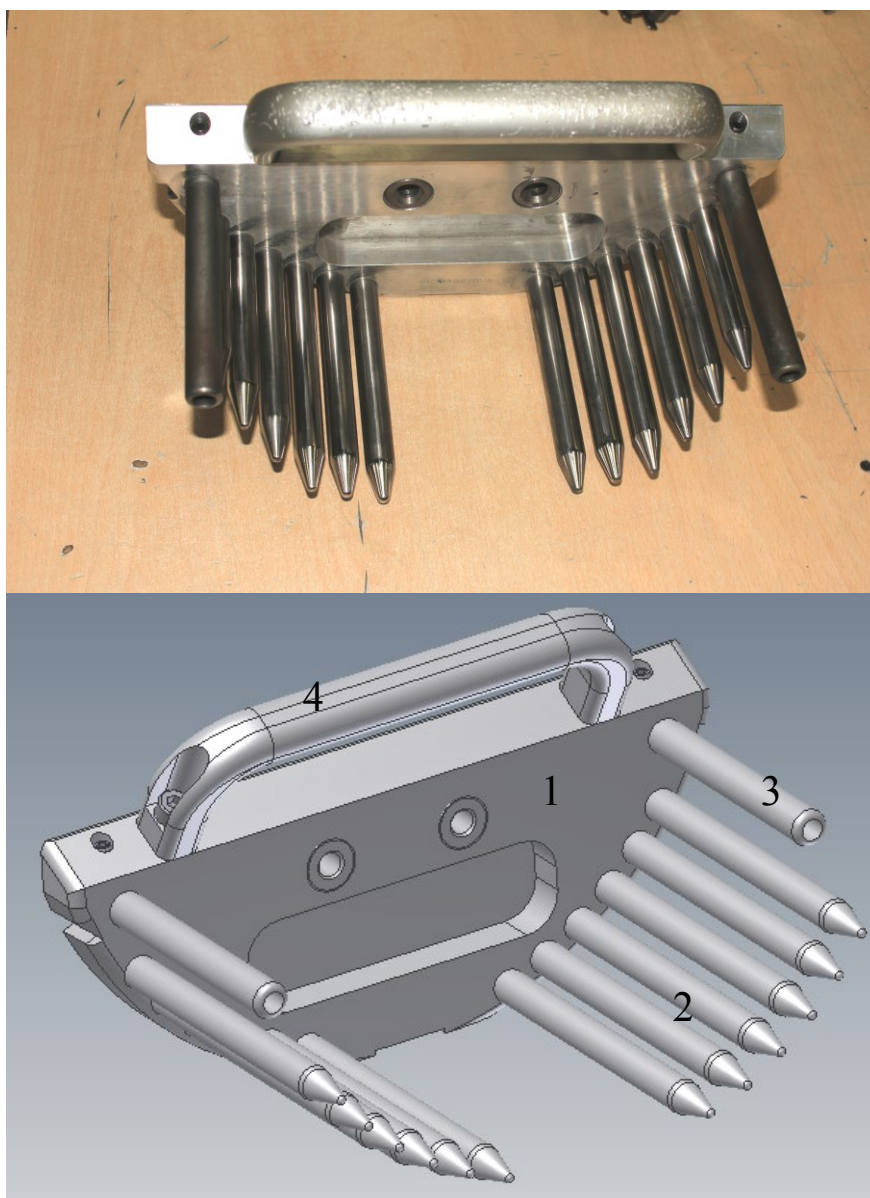
Vtahovací tyče jsou vyrobeny z materiálu CALMAX s leštěným povrchem pro dosažení minimálního součinitele tření. Tyče jsou k držáku připevněny pomocí dvojice šroubů M5. Počet tyčí se liší podle počtu ok vtahovaného vinutí.



Obr. 19 Vtahovací tyč [autor]

Nosný hřeben s nosnými tyčemi

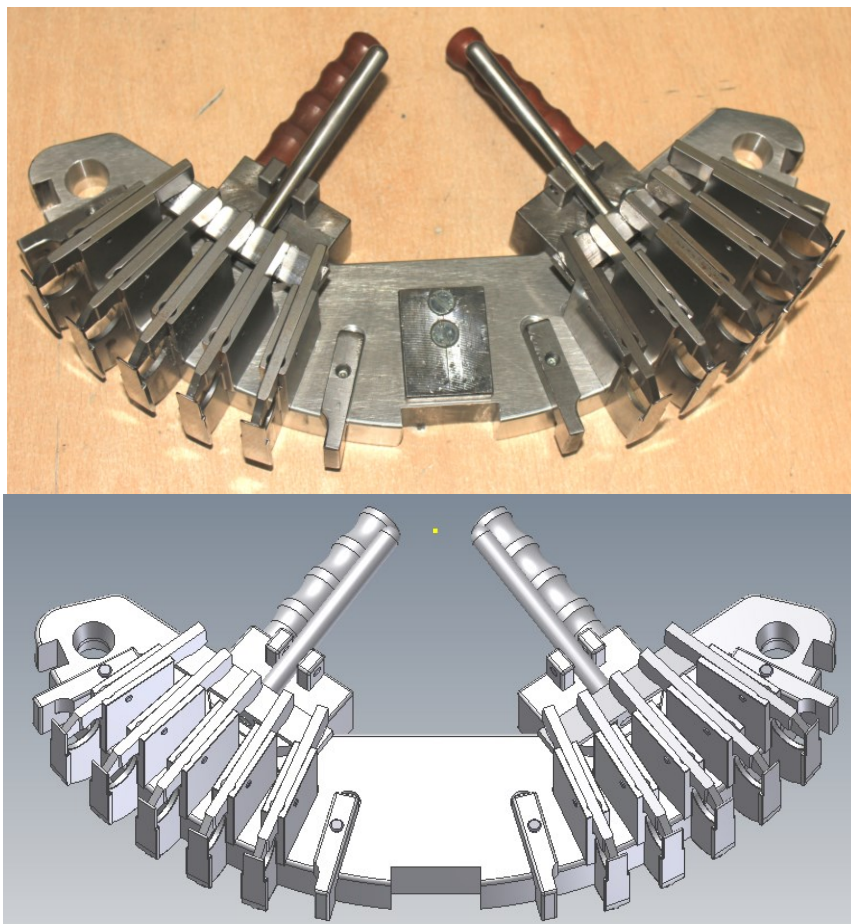
Nosný hřeben splňuje funkci přípravného prostředku, základna hřebenu je také vyrobena z CERTALu. Nosné tyče jsou z oceli 19 434 a kaleny na 45 HRC. Nosný hřeben je s hlavním držákem spojen pomocí vodících čepů. Na vrcholu základny je pro snazší manipulaci připevněna rukojeť.



Obr. 20 Nosný hřeben (1 – základna, 2 – nosné tyče, 3 – vodící čepy, 4 – rukojeť) [autor]

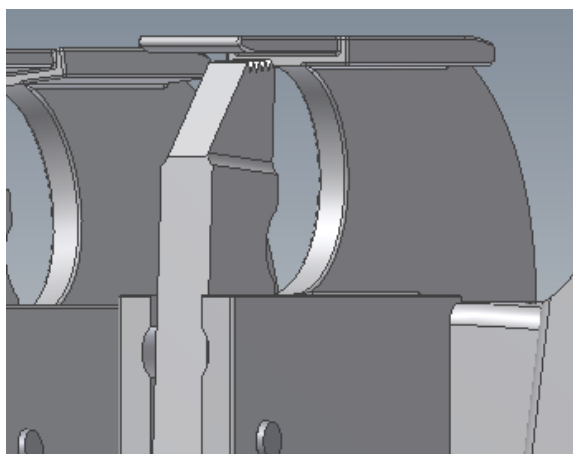
Držák drážkové izolace

Kvůli maximalizaci procesu vtahování je krycí drážková izolace vtahována zároveň s vinutím. Tím zajistí dokonalé oddělení vinutí od vnitřního prostoru drážek. Držák dosedá na vodící čepy nosného hřebenu, které jej ustaví do správné pozice.



Obr. 21 Držák drážkové izolace [autor]

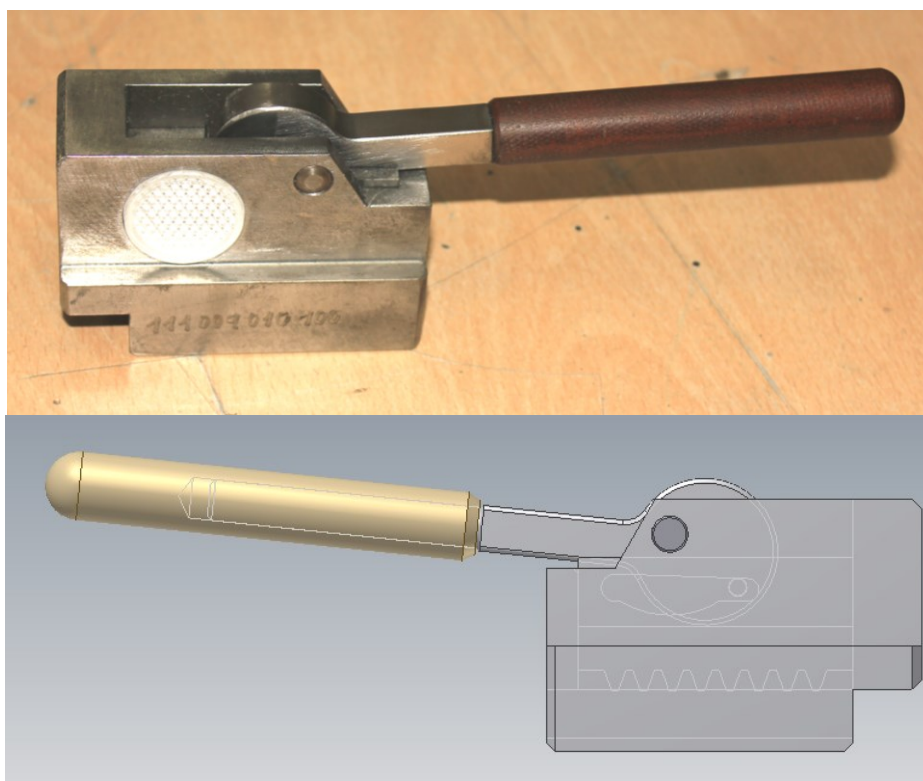
Izolace je přidržována pomocí zubového systému, který je přitlačován pružinou.



Obr. 22 Detail uchycení izolace [autor]

Zajištění

Zajištění zajišťuje celého přípravku proti posunutí. Zajištění probíhá pomocí hřebene, na který tlačí excentrická vačka s pákou. Jezdec se nasazuje na tyč pro zajištění z hlavního držáku. Tímto je celá sestava zajištěná proti vysunutí a zároveň umožňuje rychlé a snadné rozebrání.



Obr. 23 Zajištění [autor]

Díly Vtahovací tyč a Vodící tyč jsou vyráběny externě.

3 Návrh řešení

3.1 Požadavky společnosti Siemens

Vtahování vinutí je klíčový proces při výrobě elektromotoru, proto je mu věnována zvláštní pozornost, a to jak z ohledu kvality, tak i z ohledu rychlosti výroby. V rámci dodržení pravidel SMED systému se společnost snaží odbourávat ztrátové časy při výměně vtahovacích tyčí. Tyto je třeba vyměnit při každé změně typu výrobku či vinutí. Tento úkon je prováděn pomocí hydraulicky vtahovaného přípravku. Přípravek je taktéž vlastní výroby závodu. Přípravek se skládá z mnoha dílčích částí. My se však zaměřujeme na hlavní držák a nosné tyče. Nosné tyče jsou k hlavnímu držáku připevněny pomocí dvojice šroubů M5. Problém nastává v případě změny typu statoru. Je potřeba zaměnit vtahovací tyče za odpovídající. Výměna spočívá v ručním vyšroubování šroubů, výměně tyčí a opětovném našroubování. Tato výměna však způsobuje nežádoucí ztrátové časy, nehledě na možnost poškození šroubů, či závitu, z čehož vyplývá požadavek společnosti na jiné konstrukční řešení.

Zadané podmínky společnosti Siemens Frenštát:

- nízké náklady úpravy
- využití skladových zásob součástí
- zkrácení času výměny tyče – SMED
- minimální zásah do stávající konstrukce při úpravě

Možné řešení jsem rozdělil do dvou kategorií:

Technologické řešení - Využití momentových nástrojů k utahování

Konstrukční řešení

- Omezení počtu šroubů
- Změna parametrů závitu
- Změna materiálu držáku
- jiné konstrukční řešení

3.2 Změna materiálu závitu pomocí vložek.

Vyvložkování závitu je jedním ze základních způsobů opravy vnitřních závitů.

Používá se také v případě požadavku na vyšší únosnost závitu. V našem případě by zpevnění závitu umožnilo použití utahovací techniky, např. akumulátorových vrtaček.

Používají se dva druhy vložek:

- Pružná závitová vložka
- Pevná tenkostěnná závitová vložka



Obr. 24 Pružná a pevná závitová vložka [8]

Pružná závitová vložka

Vložka je vytvarována z pružného drátu lichoběžníkového průřezu do tvaru pružiny. Tato spirála se při montáži v otvoru roztáhne, čímž se pevně ukotví a poskytuje vyšší pevnost než závit původní.

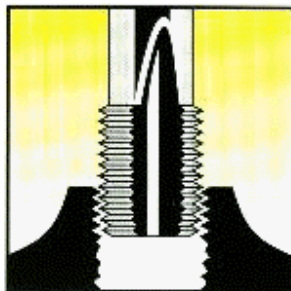
Postup montáže:

1. Vrtání – původní závit se vyvrtá vrtákem doporučeným výrobcem vložky.



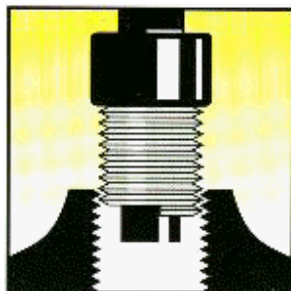
Obr. 25 Vrtání [8]

2. Závít – vyřízneme závít za použití závitníku dodávaného výrobcem. Po vyřezání závít pečlivě vyčistíme.



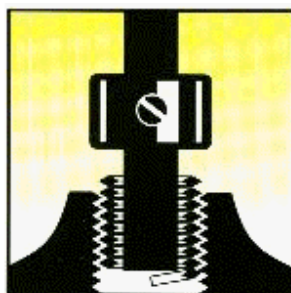
Obr. 26 Závít [8]

3. Montáž – Pomocí usazovacího nástavce vtočíme závitovou vložku do lůžka, konec vložky musí být zapuštěn o $\frac{1}{4}$ až $\frac{1}{2}$ závitu od ústí závitu.



Obr. 27 Montáž [8]

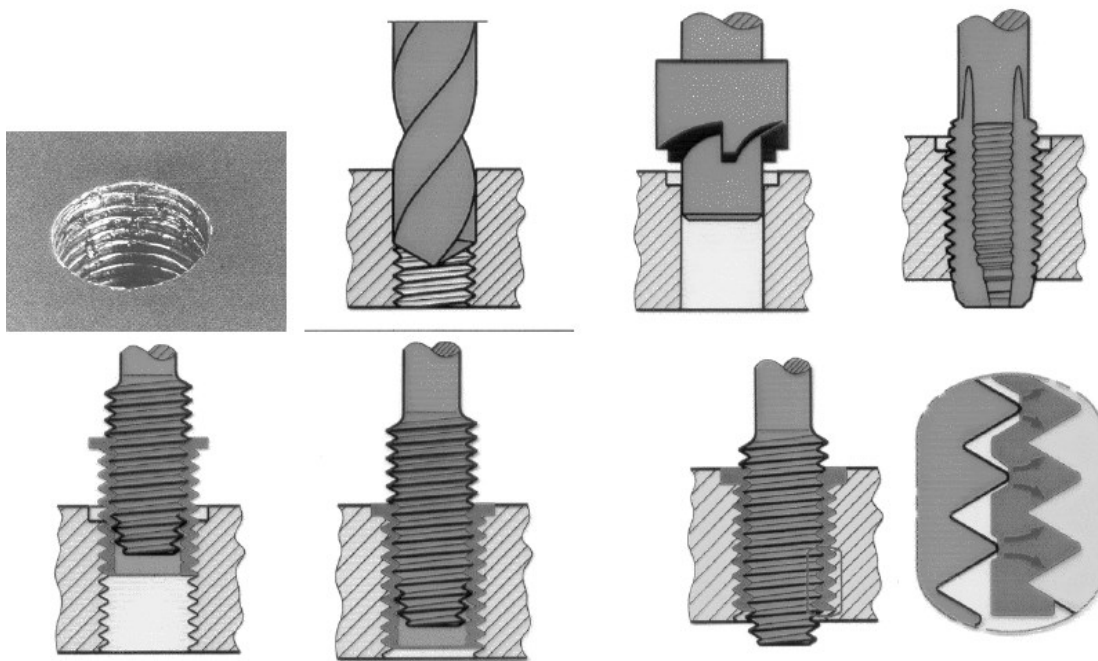
4. Odlomení zahnuté části vložky – po montáži již není zahnuté části vložky potřeba, u malých závitů se odklepne pomocí tyčky, u větších se odtrhne pomocí tenkých kleští.



Obr. 28 Dokončení [8]

Pevná tenkostěnná závitová vložka:

Pevné závitové vložky mají stejné výhody jako pružné, ale jsou také vhodné pro závit do plastu a měkkých materiálů. Postup montáže je podobný jako u pružné vložky, liší se pouze v použitých nástrojích, které má každý výrobce specifické.



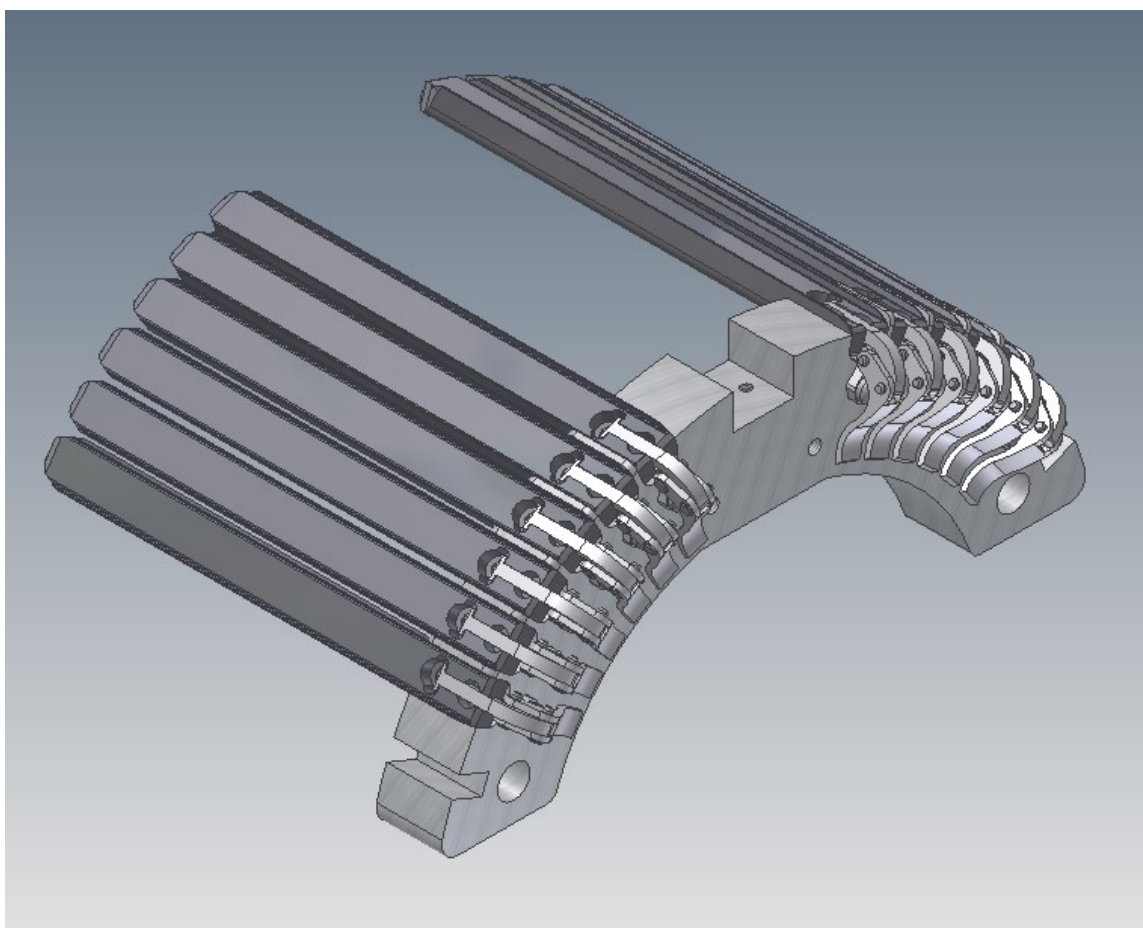
Obr. 29 Montáž pevné závitové vložky [8]

3.3 Konstrukční řešení

Při konstrukčním řešení jsem vycházel z požadavků společnosti. Původní koncepce uchycení pomocí dvojice šroubů M5 je nevyhovující. Soustředil jsem se na úpravu nosiče vtahovacích tyčí a tyčí samotných. Bylo vytvořeno několik návrhů, z nichž každý má své pozitiva i negativa, které jsou dále rozebrány.

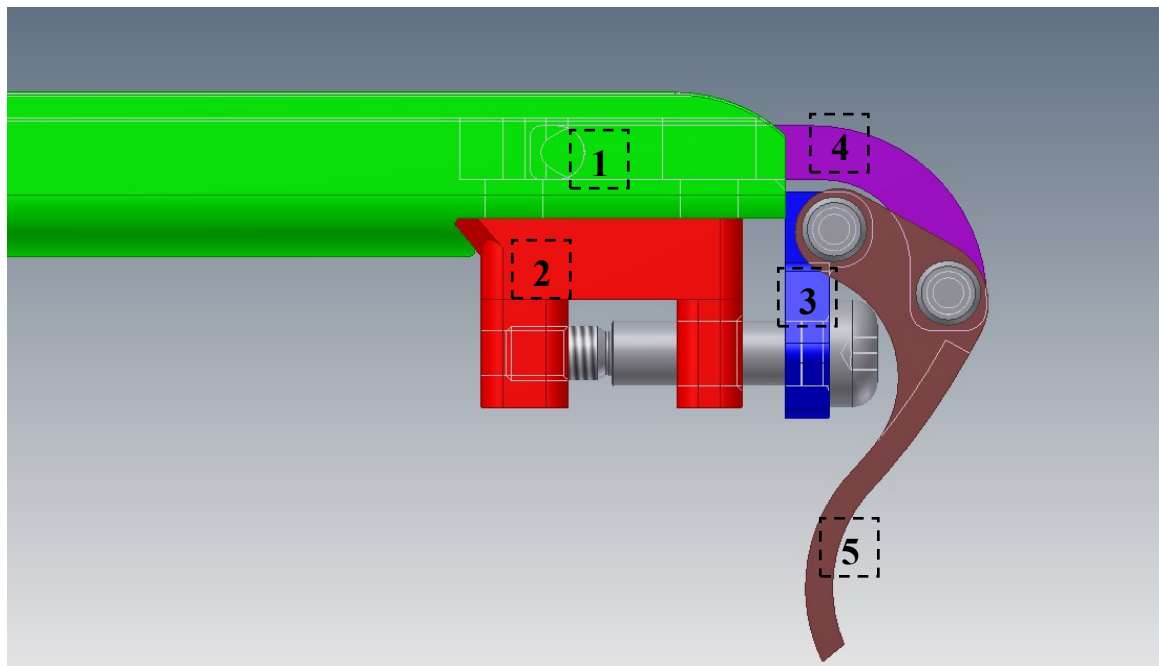
Návrh č. 1

Návrh spočívá v nahrazení šroubů systémem zarážky a upínky. Mechanismus je uzpůsoben pro jednoduché odepnutí a zpětné připnutí jediným pohybem. Pracovník pro výměnu nepotřebuje žádné speciální nástroje.



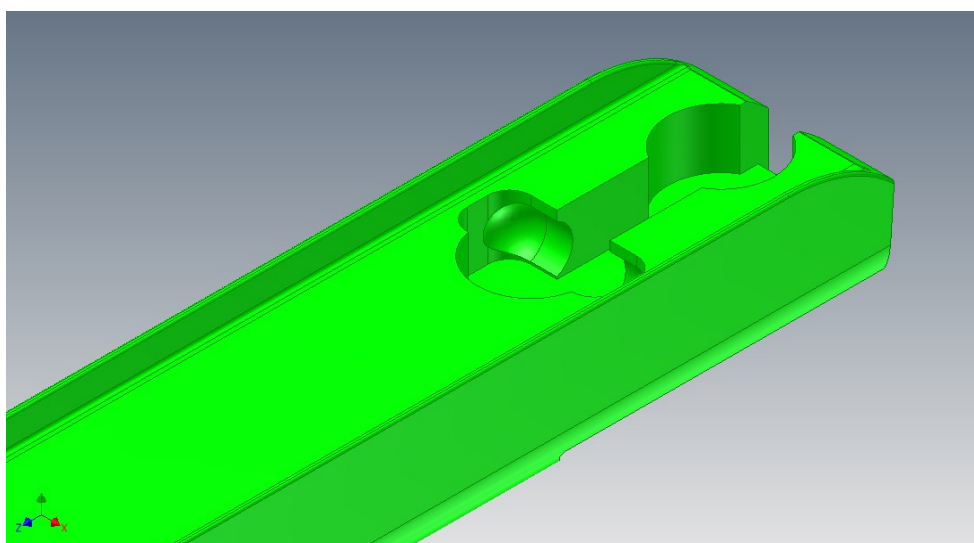
Obr. 30 Zjednodušená sestava návrhu č. 1 [autor]

Návrh se skládá z několika hlavních částí (viz obr.): upravená vtahovací tyč, upravený hlavní nosič, prizmatický zub, očko, táhlo a napínací páka.



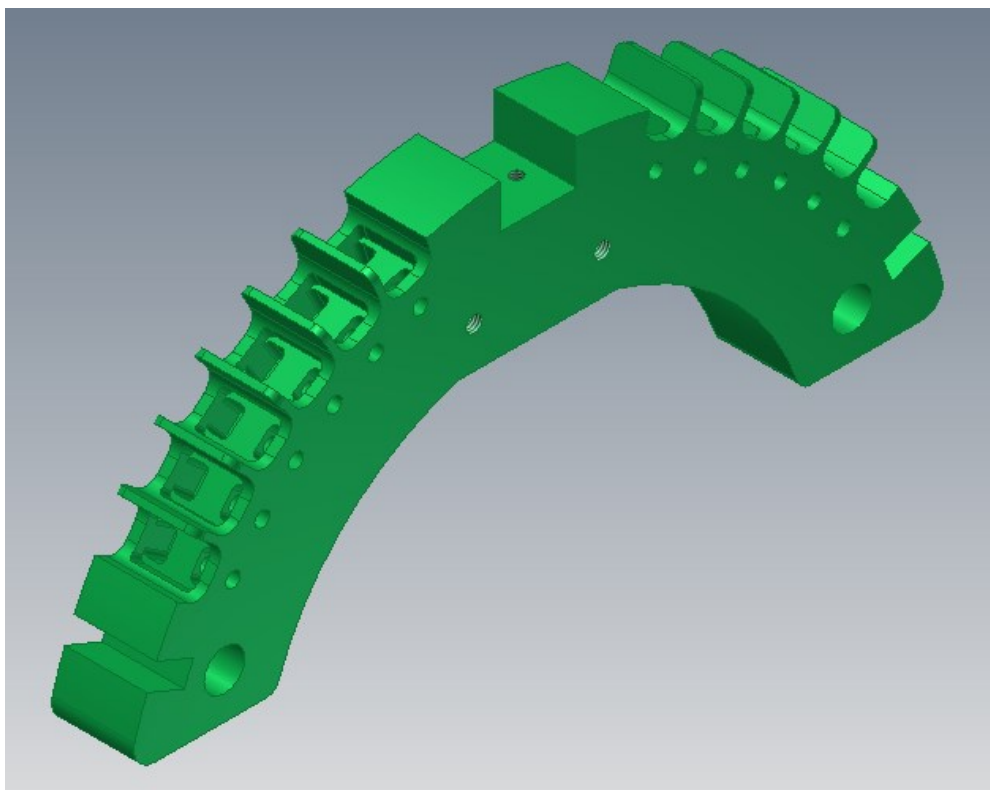
Obr. 31 Návrh č. 1: 1 - upravená vtahovací tyč, upravený hlavní nosič (nezobrazen),
2 - prizmatický zub, 3 - očko, 4 – táhlo, 5 - napínací páka. [autor]

Úprava vtahovací tyče spočívá ve vyfrézování kapsy pro táhlo. Kapsa je částečně zafrézovaná do původního zahloubení pro šroub, snažil jsem se o co nejmenší oslabení materiálu. Válcová plocha je vytvořena pomocí kulové frézy Ø5mm a rádius tak poskytuje zajištění proti vysunutí táhla při zapínání.



Obr. 32 Upravená vtahovací tyč [autor]

Úprava hlavního nosiče spočívá ve vyfrézování otvoru pro prizmatický zub a vyvrtání otvoru Ø6mm pro zajištění pomocí lícovaného šroubu. Šroub slouží zároveň pro připevnění oka k nosiči.

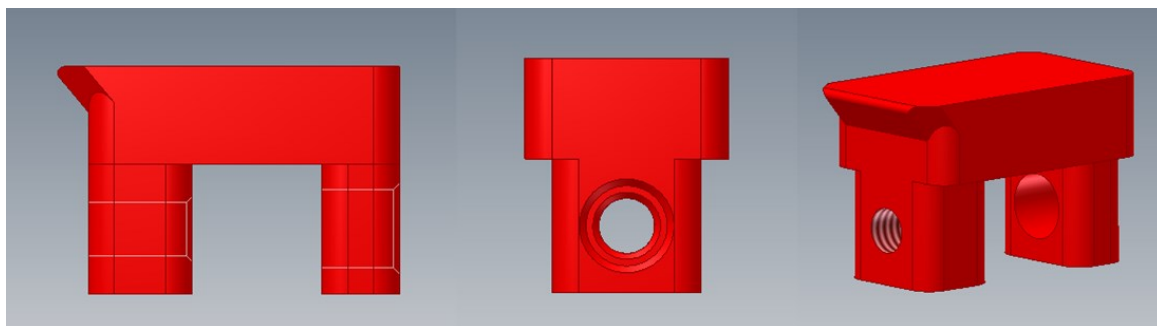


Obr. 33 Hlavní nosič po úpravě [autor]

Další části mechanismu:

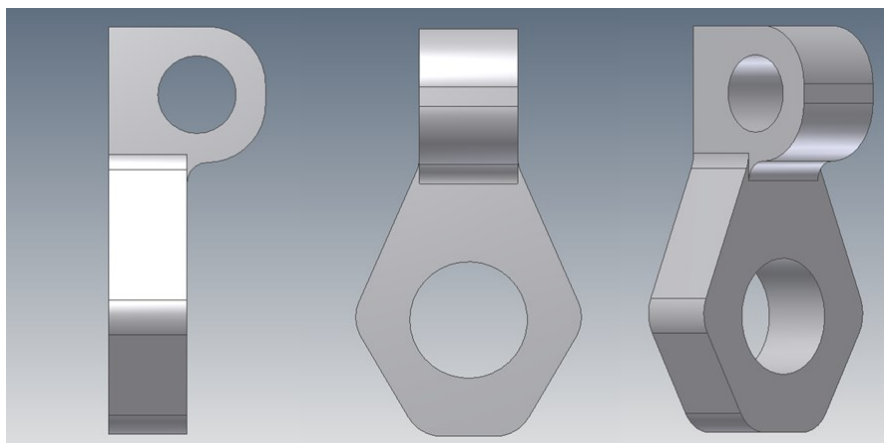
Prizmatický zub

Představuje styčnou plochu mezi tyčí a držákem. Je připevněn k držáku pomocí lícovaného šroubu.



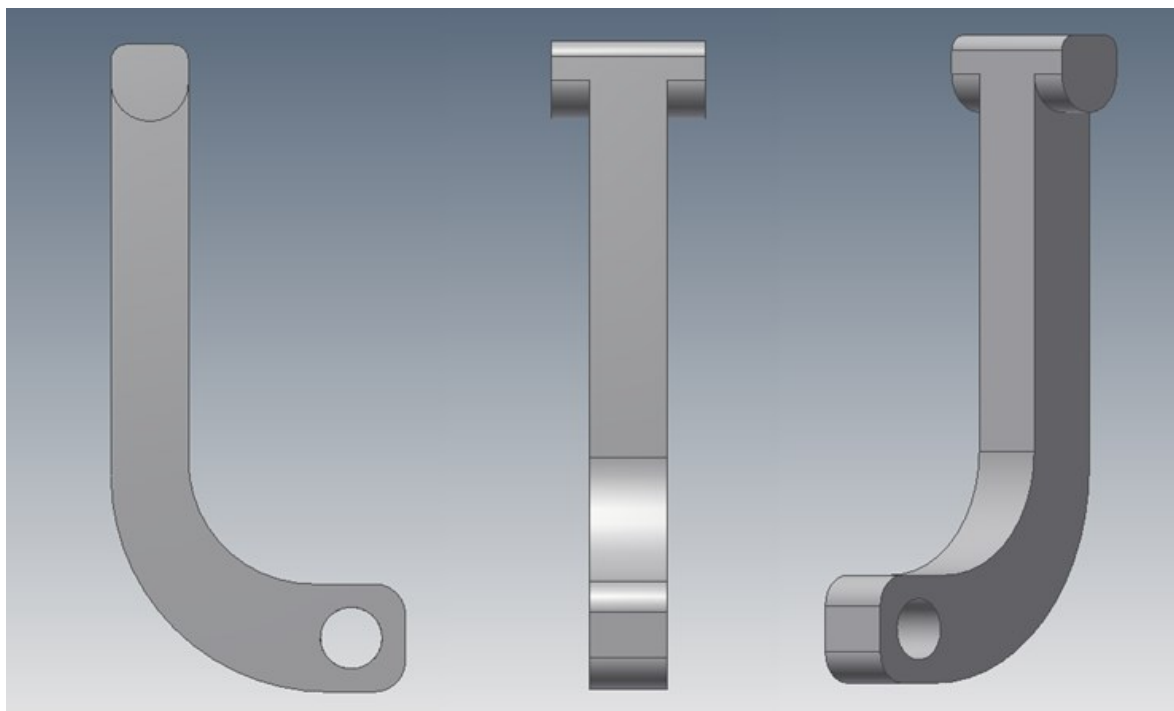
Obr. 34 Prizmatický zub [autor]

Očko



Obr. 35 Očko [autor]

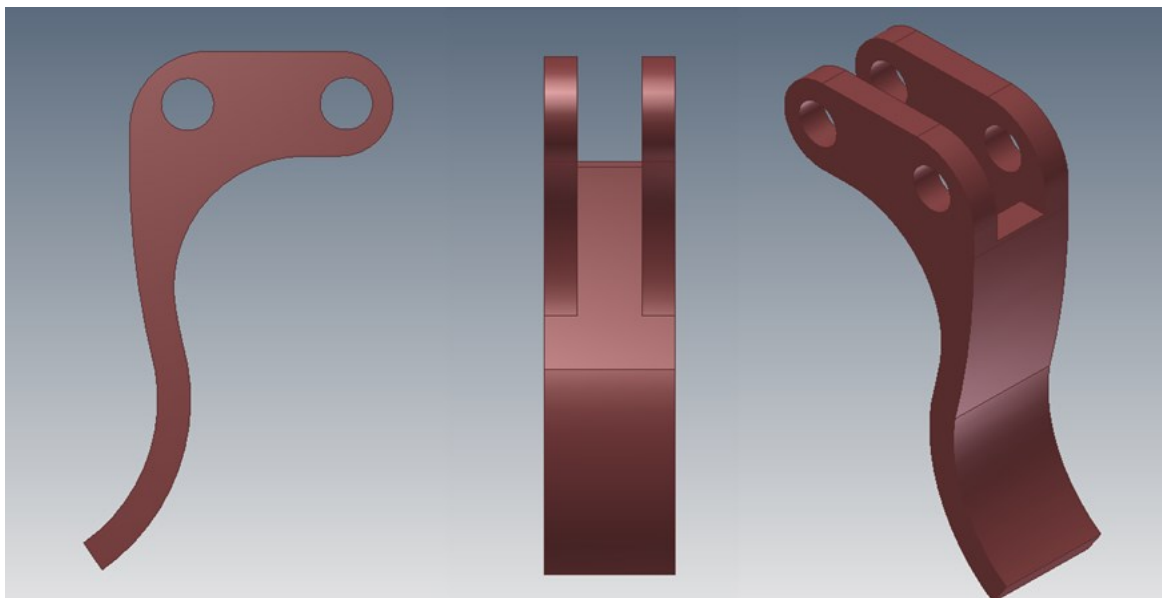
Táhlo



Obr. 36 Táhlo [autor]

Napínací páka

Napínací páka je k táhlu a očku připevněna pomocí čepů, tyto je nutné při provozu mazat a zajišťovat tak spolehlivou funkci mechanismu.

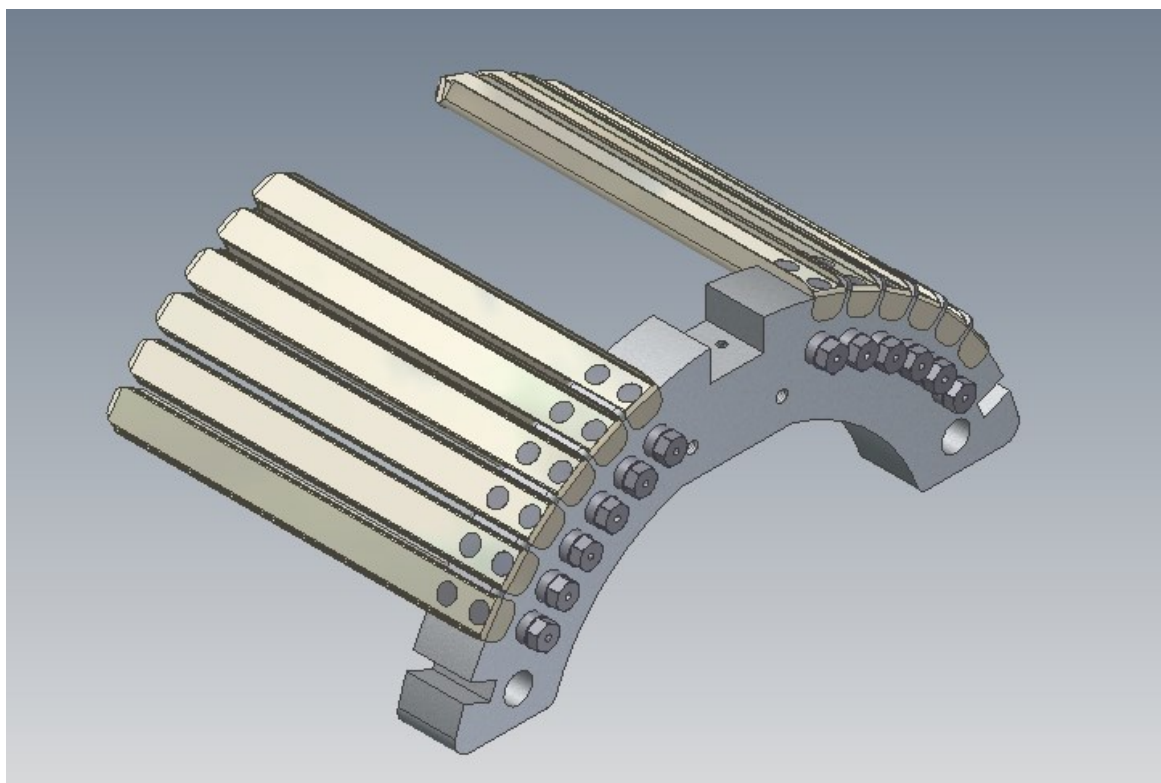


Obr. 37 Napínací páka [autor]

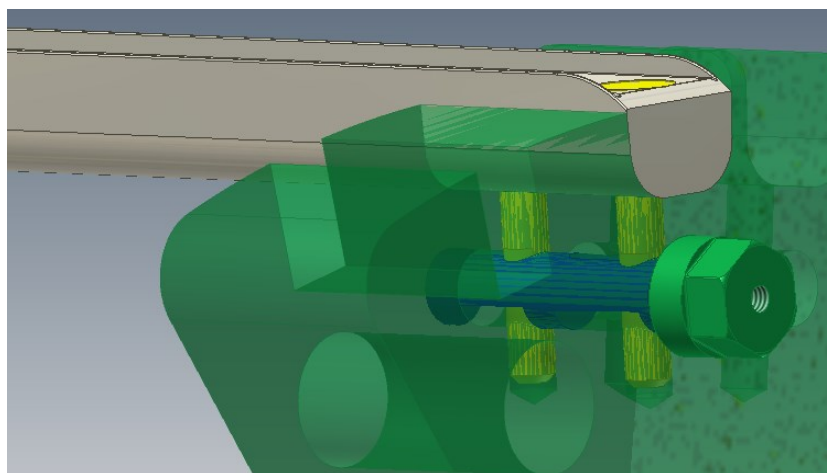
Mezi hlavní výhody návrhu č. 1 patří rychlé upínání na jeden pohyb, jednoduchost celého mechanismu a nenáročnost na údržbu. Jako hlavní nevýhoda se ukazuje nemožnost aplikace návrhu na přípravek s více než 5 vtahovacími tyčemi. V případě šesté tyče úprava kolidovala s uchycením hlavního držáku a nebylo možné ji použít.

Návrh č. 2

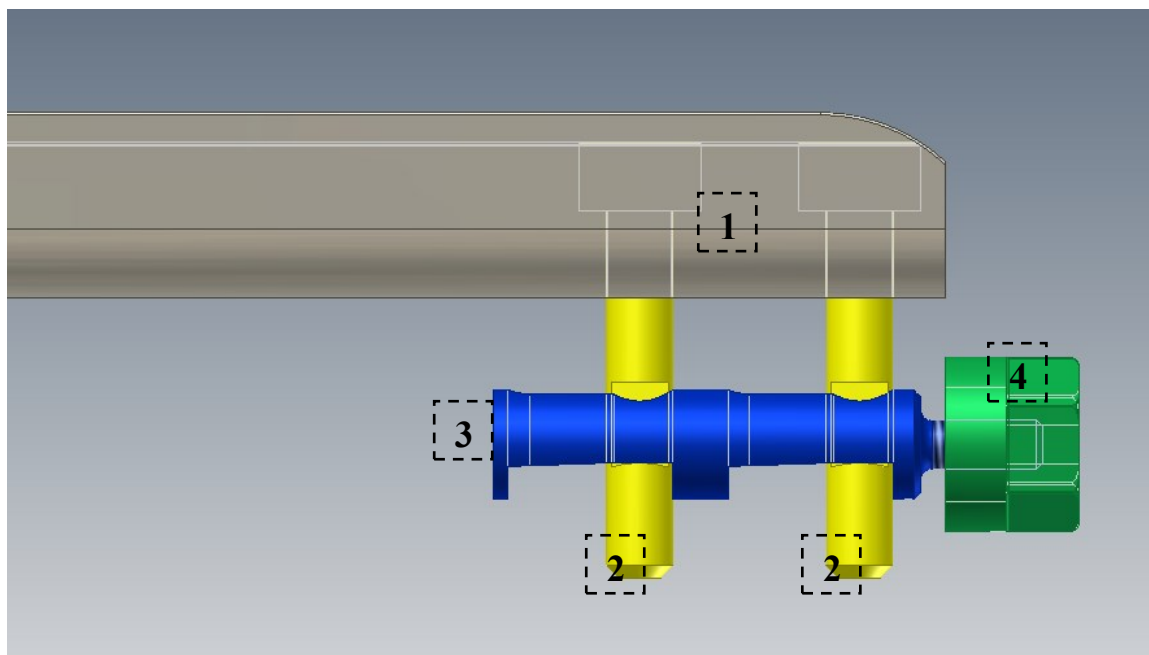
U tohoto návrhu byla snaha o minimalizaci zásahů do původních částí. Vznikl proto systém, kdy šrouby jsou nahrazeny zalisovanými čepy. Ty jsou tedy spojeny s tyčemi natrvalo. Aby byla tyč přitlačena do drážky v držáku, přichází na řadu napínací čep. Ten se vsune do otvoru v držáku, nastaví se do správné polohy a pomocí napínací matice se přitáhne. Tímto dosáhneme požadovaného přepětí v zalisovaných čepích, potažmo v celém styku vtažovací tyč – držák.



Obr. 38 Zjednodušená sestava návrhu č. 2 [autor]

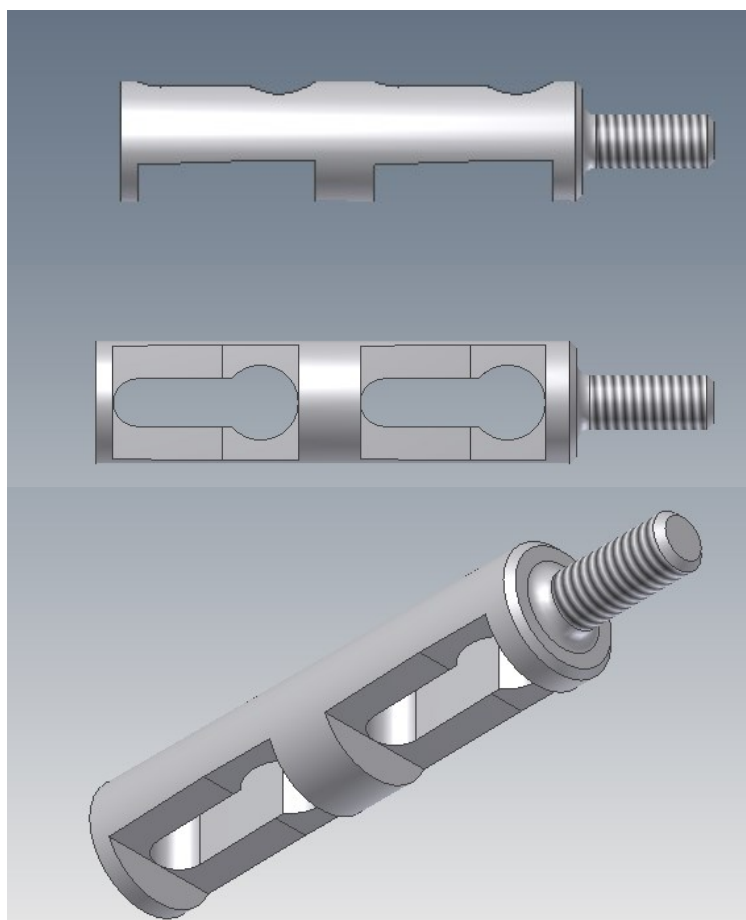


Obr. 39 Detail návrhu č. 2 [autor]



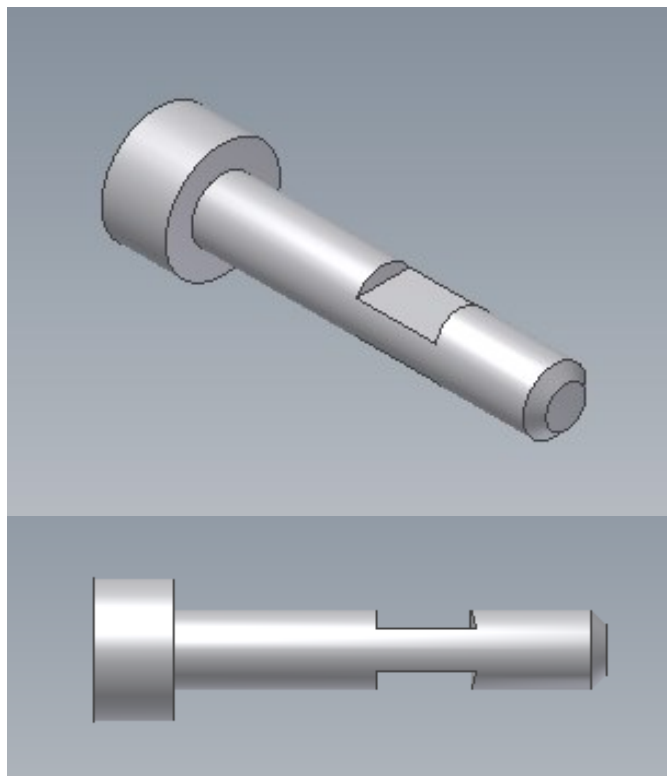
Obr. 40 Návrh č. 2 (1 – vtahovací tyč, 2 – čepy, 3 – napínací čep, 4 - napínací matice)
[autor]

Napínací čep



Obr. 41 Napínací čep [autor]

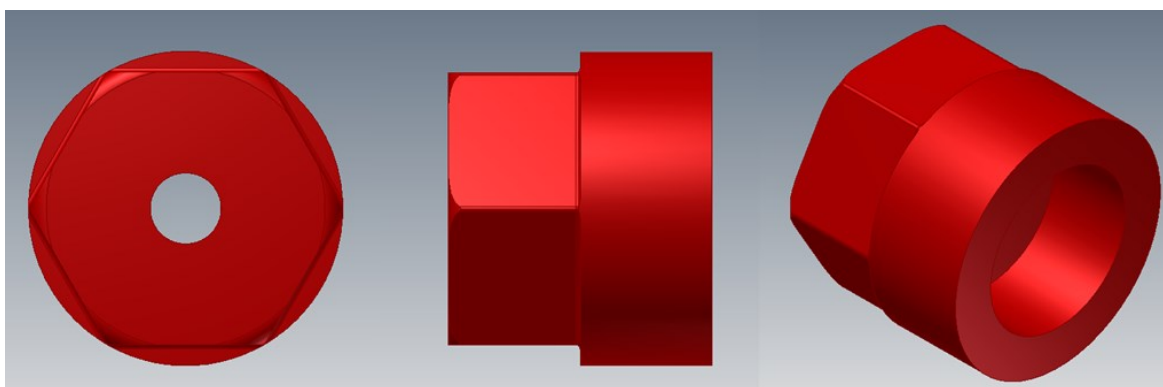
Čep



Obr. 42 Čep [autor]

Napínací matice

Matice se závitem M4 a vnějšími plochami pro utahovací klíč velikosti 13

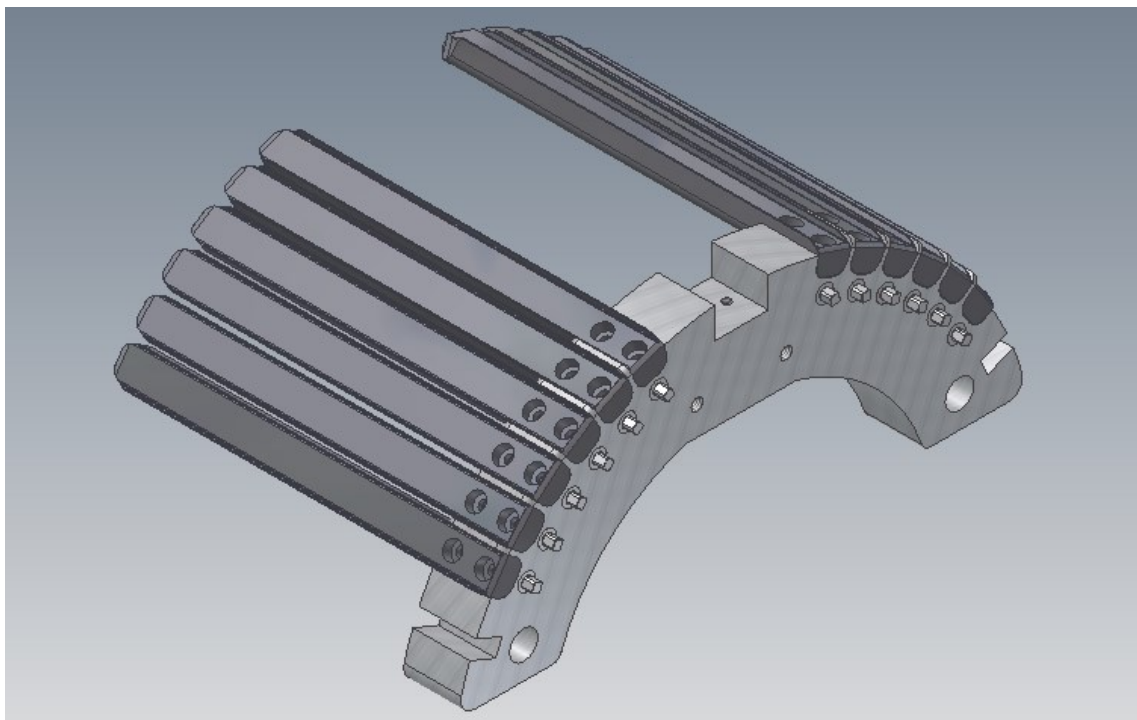


Obr. 43 Napínací matice [autor]

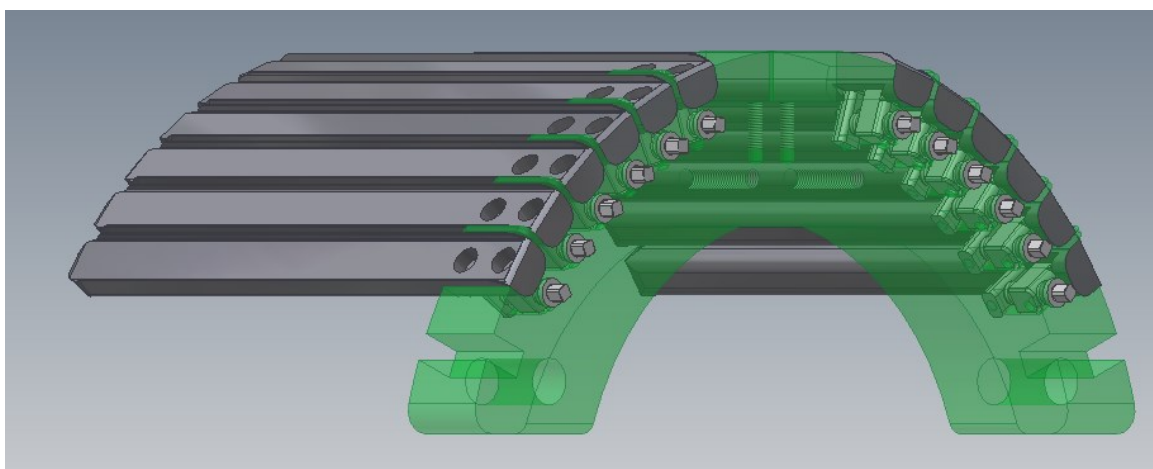
Největším pozitivem návrhu jsou minimální zásahy do původních dílů. Sníží se pracnost úpravy a minimalizací počtu dílů se sníží také možnost potenciální poruchy. Nevýhodou u tohoto řešení je požadovaná vysoká přesnost při výrobě podložená malými tolerancemi. Také stejně jako u předchozího návrhu se nedá použít u přípravků s více než 5 tyčemi.

Návrh č. 3

Při konstrukci tohoto návrhu jsem se inspiroval způsobem uchycení optického zaměřovače u dlouhé pušky na rybině. Uchycení probíhá pomocí prizmatických dílů, které se pohybují od sebe díky pohybovému šroubu. Šroub má lichoběžníkový závit Tr 8. Díky tomu lze celou soustavu pevně a bezpečně dotáhnout a vzhledem ke stoupání závitu 1,5 postačí pouze přibližně 3 otáčky k povolení vtažovací tyče.



Obr. 44 Návrh č. 3 [autor]



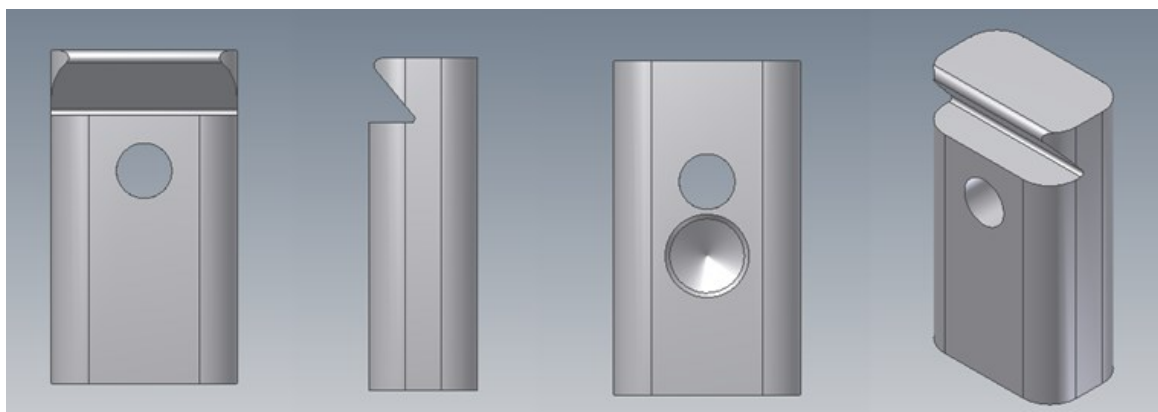
Obr. 45 Návrh č. 3 [autor]

Upínací mechanismus se skládá ze čtyř hlavních částí:

- Přední uchycení tyče – působí zároveň jako držák šroubu
- Pohybový šroub
- Jezdec
- Jistící kroužek

Přední uchycení tyče

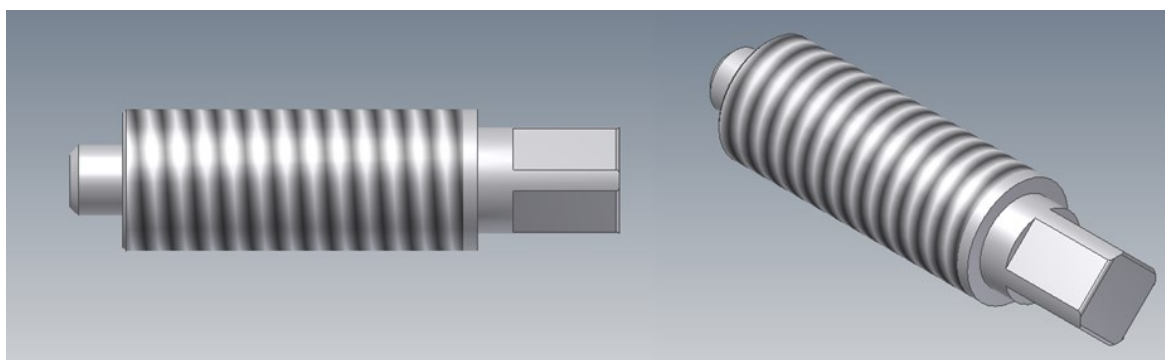
Zachytává síly vznikající od napínání šroubem resp. Jezdcem. Ve spodní části je zasunut do vyfrézovaného prostoru v nosiči. V napnutém stavu na něj tlačí šroub, tím jej fixuje na místě. Proti vysunutí je zajištěn kolíkem ISO 8734 Ø3x10



Obr. 46 Přední uchycení tyče [autor]

Pohybový šroub

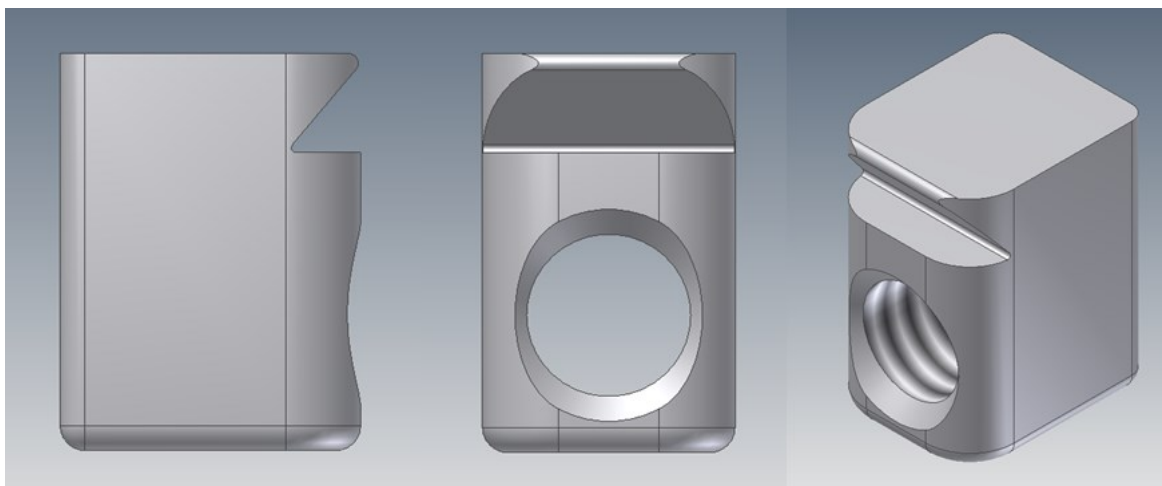
Hlavní část mechanismu, šroub je opatřen lichoběžníkovým závitem Tr 8x1,5. Na jednom konci má čep, který zapadá do otvoru v předním uchycení tyče, na druhém je upravená plocha 5x5 mm pro utahování.



Obr. 47 Pohybový šroub [autor]

Jezdec

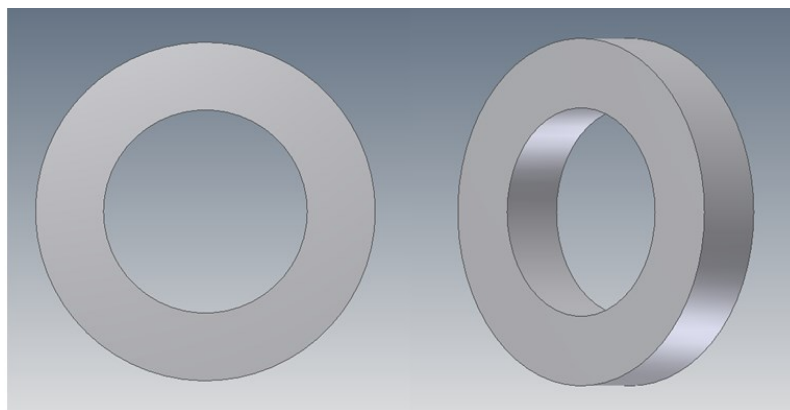
Zajišťuje přenos rotačního pohybu ze šroubu na posuvný. Po utáhnutí dosedne šikmá plocha jezdec do drážky v tyči a zafixuje tyč v drážce v nosiči.



Obr. 48 Jezdec [autor]

Jistící kroužek

Jistící kroužek je zalisován do zahloubení z vnější strany nosiče a brání vysunutí pohybového šroubu při povolování tyče.



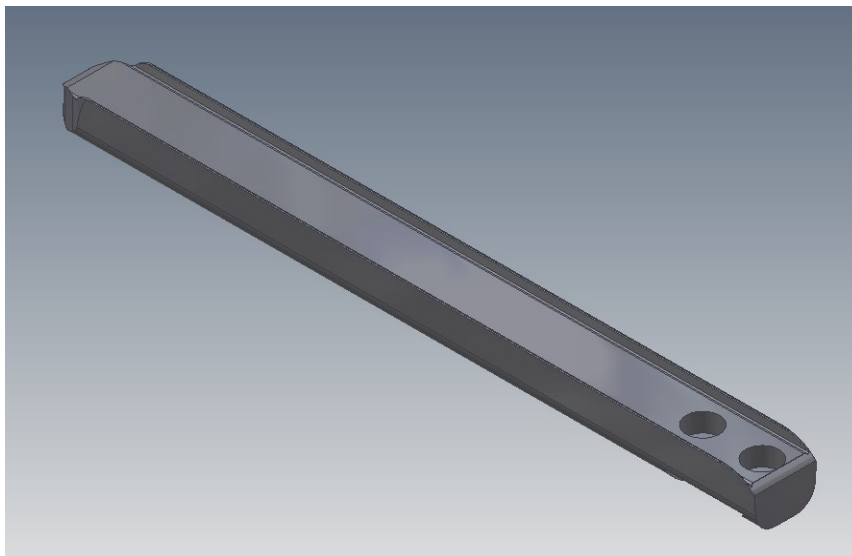
Obr. 49 Jistící kroužek [autor]

Dále je třeba poukázat na původní upravené součásti:

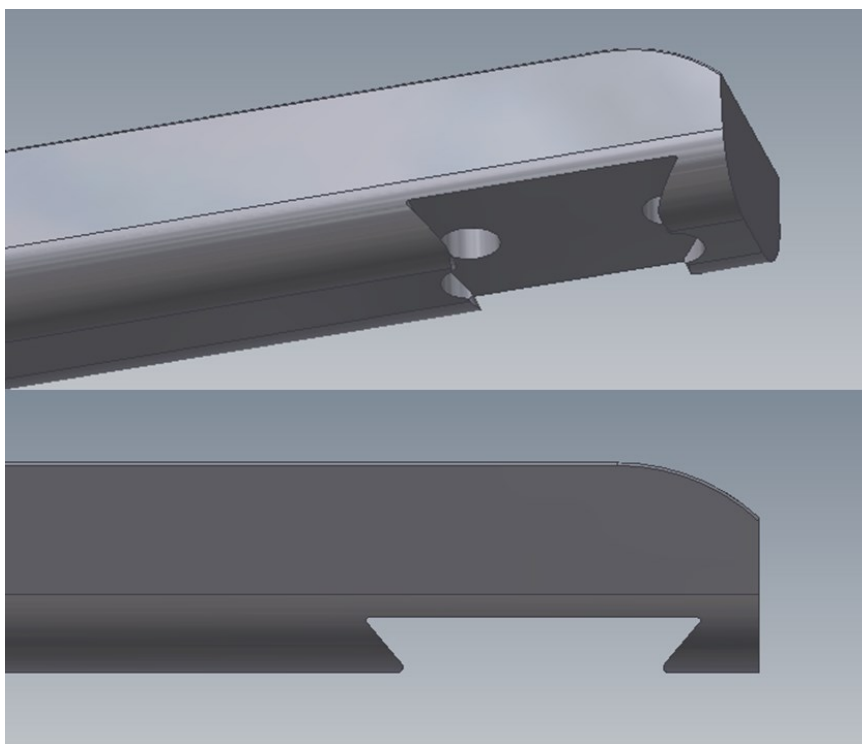
- Upravená vtažovací tyč
- Upravený nosič

Upravená vtahovací tyč

Úprava spočívá ve vyfrézování rybiny do původní vtahovací tyče.



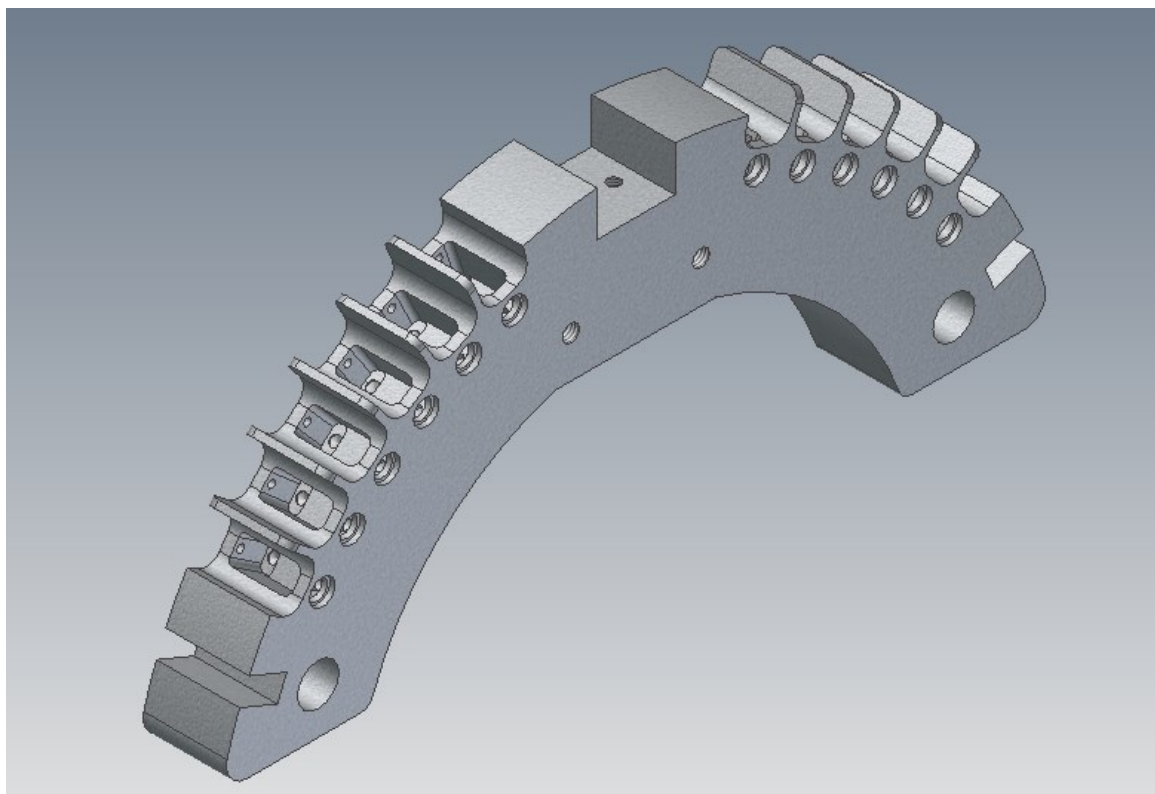
Obr. 50 Upravená vtahovací tyč [autor]



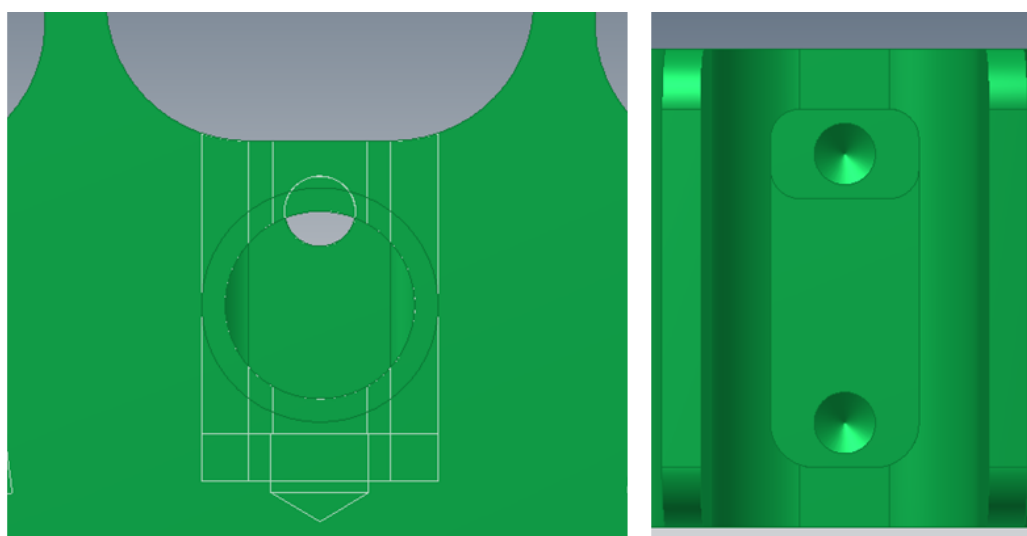
Obr. 51 Detail úpravy vtahovací tyče [autor]

Upravený nosič

Upravený nosič má nově vyfrézovaný prostor pro přední uchycení tyče a jezdce. Z čelní strany je vyvrtán zahhloubený otvor pro šroub a pojistný kroužek, ze strany druhé otvor pro kolík.



Obr. 52 Upravený nosič [autor]

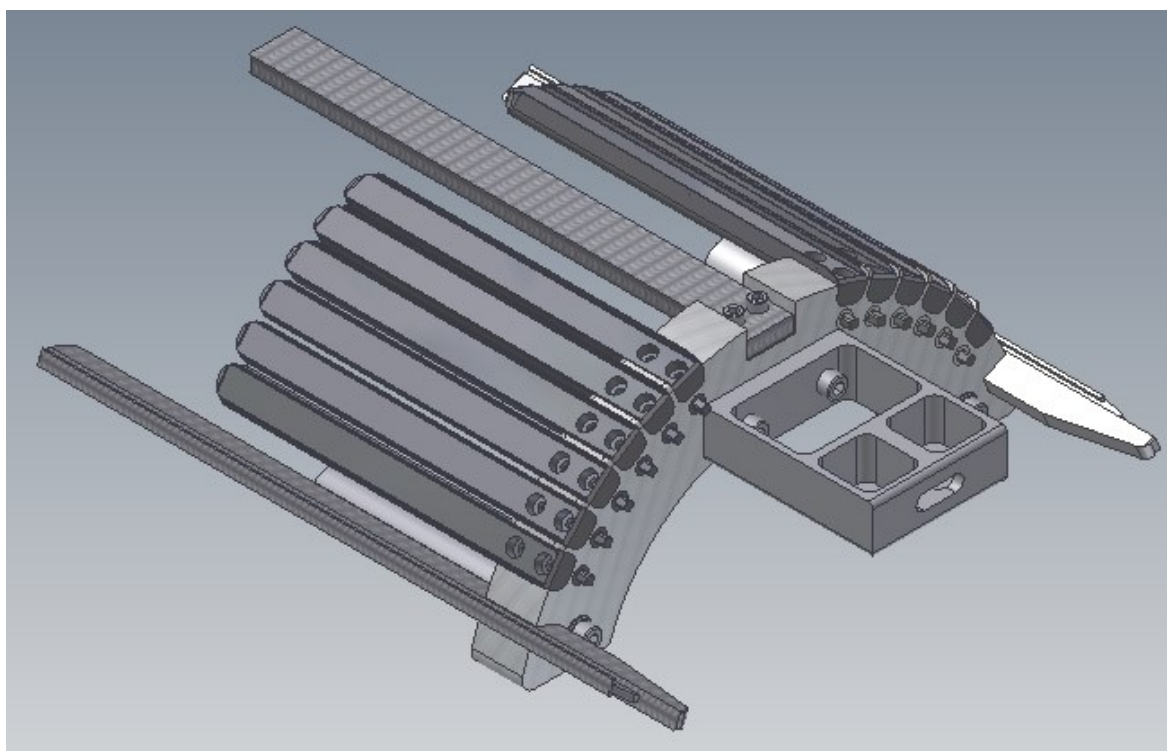


Obr. 53 Detail úpravy nosiče [autor]

Použití lichoběžníkového závitu u návrhu zajišťuje celý mechanismus proti povolení a odtažení. Ze stoupání lze snadno odvodit že k odtažení jezdce postačí pouhé 3 otáčky. Hlavní namáhané části mechanismu - přední držák, pohybový šroub, jezdec - jsou vyrobeny z oceli 14 220.4, kalené s vysokou pevností v jádře.

Mezi největší výhody tohoto řešení patří rychlost výměny, a především možnost použití i v případě upevnění 6 a více vtahovacích tyčí. Odpadá možnost poškození šroubů, neboť byly zcela nahrazeny jedním pohybovým šroubem z mnohem trvalejšího materiálu.

V rámci návrhu bych doporučil společnosti Siemens právě tuto variantu jako nejpravděpodobnější pro zavedení do praxe. Pro tuto variantu jsem také zpracoval kompletní výkresovou dokumentaci nových a upravených dílů, včetně sestavného výkresu. Viz přílohy A - H.



Obr. 54 Návrh č. 3 [autor]

4. Závěr

V práci byly navržena mnohá řešení, z nich každá by se v podniku uplatnila. Počínaje zpevněním materiálu vyvločkováním a použití elektrických utahovacích nástrojů, konče rychloupínáním jedním pohybem, napínáním pomocí utahovací matice či pomocí pohybového šroubu s prizmatickým jezdcem.

Z hlediska trvanlivosti a spolehlivosti řešení, jakožto i jednoduchosti obsluhy však mohou doporučit pouze jedno řešení. Návrh č. 3 se jeví po všech stránkách jako spolehlivý a rychlý systém. Tím že jsme odstranili původní šrouby a nahradili je systémem vmontovaným přímo do nosiče, jsme snížili počet součástí ze tří (nosič, vtahovací tyč, šrouby), na dvě (upravený nosič, upravená vtahovací tyč). Touto úpravou nám také odpadla nutnost skladování, údržby a další manipulace se šrouby.

Jelikož ve výrobním závodě Siemens Frenštát nepoužívají pouze jeden typ vtahovacího zařízení, ale celou škálu přípravků, je už pouze jen a jen na pracovnících závodu, kterou metodu a na kterém zařízení aplikují. Také tvar a velikost vtahovacích tyčí a jejich nosičů se liší pro každou sérii motorů.

Jak ukázala tato práce, náhrada tak elementární částice nepatří mezi lehké úkoly. Vždy je třeba zvážit všechny aspekty, které ovlivňují výsledné řešení problému:

- Rentabilita úpravy - jestli a za jak dlouho se finance a čas pracovníků vložený do úpravy vrátí zpět.
 - Efektivita úpravy - závisí na úspěchu implementace návrhu do chodu společnosti, zaškolení pracovníků, správném používání, atd.
 - Technické aspekty - zvážení náhrady sestavy částí za jednu součást.
- A další.

Seznam použité literatury

- [1] SIEMENS. [online]. 2013 [cit. 2013-05-16]. Dostupné z: <http://www.siemens.com>
- [2] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 80-868-5138-9
- [3] SHINGŌ, Shigeo. *A revolution in manufacturing: the SMED system*. Stamford, Conn.: Productivity Press, c1985, xxii, 361 p. ISBN 09-152-9903-8.
- [4] ROUBÍČEK, Ota. *Elektrické motory a pohony: příručka techniky, volby a užití vybraných druhů*. 1. vyd. Praha: BEN, 2004, xxii, 361 p. ISBN 80-730-0092-X.
- [5] Asynchronní elektromotor třífázový. RNDR. IVO NOVÁK, Ph.D. [online]. 2008 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.emotor.cz/asynchronni-elektromotor-trifazovy.htm>
- [6] ING. JOSEF ŠIMON. *Odborné časopisy* [online]. 2011 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/42921.pdf>
- [7] GLEICH GRUPPE. *CERTAL® / GLEICH Aluminium* [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://gleich.de/cz/produkty/vlcovan-desky/vlcovan-desky-na-vrobuforem/certal>
- [8] Jak použít RECOIL ? - IMP Kontakt cz. [online]. 2012 [cit. 2013-05-17]. Dostupné z: <http://www.impkontakt.cz/zavitove-vlozky/zavitove-vlozky-recoil/75-jak-pouzit-recoil>

Seznam příloh

- Příloha A - výkres sestavy návrhu č.3
- Příloha B - kusovník sestavy návrhu č. 3
- Příloha C - výrobní výkres upraveného nosiče
- Příloha D - výrobní výkres předního držáku
- Příloha E - výrobní výkres pohybového šroubu
- Příloha F- výrobní výkres jezdce
- Příloha G - výrobní výkres podložky
- Příloha H - výrobní výkres upravené vtažovací tyče